

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

(10) DE 44 25 711 A1

(51) Int. Cl. 6:

H 01 S 3/23

H 01 S 3/085

H 01 S 3/19

H 01 S 3/043

H 01 L 31/0232

H 01 L 31/101

G 02 B 6/43

G 02 B 6/12

// H04B 10/02

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

20.07.93 JP 5-179314

(71) Anmelder:

Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Kuhnen, R., Dipl.-Ing.; Wacker, P., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Fürniß, P., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat.; Brandl, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte;
Hübner, H., Dipl.-Ing., Rechtsanw., 85354 Freising

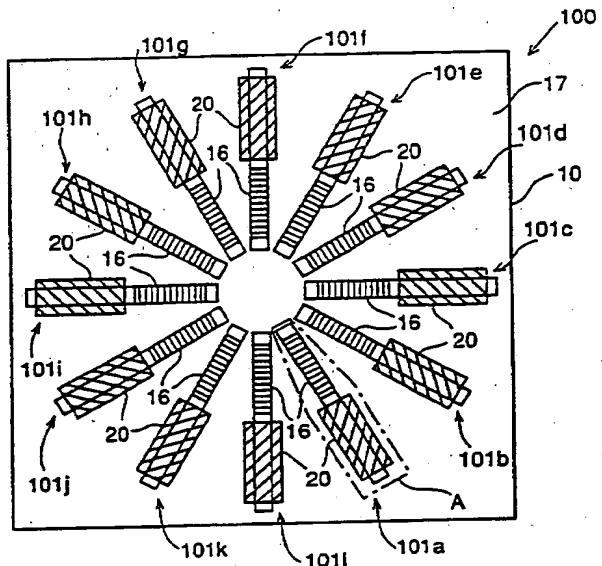
(72) Erfinder:

Itagaki, Takushi, Itami, Hyogo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt.

(54) Oberflächenemittierendes Laserdiodenfeld, sowie Verfahren zum Betreiben hiervon, Photodetektor, Photodetektorfeld, optisches Verbindungssystem und optisches Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystem

(57) Ein oberflächenemittierendes Laserdioden-Feld (100) weist eine Mehrzahl von oberflächenemittierenden Laserdiode(n) (LDs) (101a bis 101l) auf, die jeweils sekundäre Diffractionsgitter (16) beinhalten, die mit gleicher Teilung aufgebaut sind. Die LDs sind radial auf dem Substrat angeordnet, wobei ein bestimmter Punkt auf dem Substrat der Mittelpunkt der radialen Anordnung ist, so daß die sekundären Diffractionsgitter in Richtung dieses Mittelpunktes weisen. In diesem Aufbau sind die Laseroszillationsbereiche einander benachbarter oberflächenemittierender LDs voneinander beabstandet, so daß die jeweiligen oberflächenemittierenden LDs individuell mit hoher Stabilität betrieben werden können. Im Ergebnis wird, wenn die LDs mit dem gleichen Treiberstrom oszilliert werden, ein Laserlicht mit hoher Leistung, bestehend aus einer Mehrzahl von Laserlichtanteilen von den jeweiligen LDs mit gleicher Phase und gleicher Wellenlänge stabil in eine bestimmte Richtung abgestrahlt. Wenn die oberflächenemittierenden LDs mit unterschiedlichen Treiberströmen oszilliert werden, wird eine phasenzusammengesetzte Welle einer Mehrzahl von Laserlichtanteilen gleicher Phase und unterschiedlichen Wellenlängen stabil in eine bestimmte Richtung abgegeben.



DE 44 25 711 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11.94 408 065/521

27/36

DE 44 25 711 A1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft in oberflächenemittierendes Laserdiodenfeld nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 9 bzw. 13, sowie ein Verfahren zum Betreiben hieron, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 8. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung einen Photodetektor nach dem Oberbegriff des Anspruches 21 bzw. 22, ein Photodetektorfeld nach dem Oberbegriff des Anspruches 21, ein optisches Verbindungssystem nach dem Oberbegriff des Anspruches 25 und ein Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystem nach dem Oberbegriff des Anspruches 27.

Oberflächenemittierende Laserdioden (nachfolgend als oberflächenemittierende LDs bezeichnet) werden aufgrund der Formgebung der Hohlräumresonatoren in drei Grundsatztypen klassifiziert: oberflächenemittierende LDs mit vertikalem Hohlräum, oberflächenemittierende LDs mit horizontalem Hohlräum und oberflächenemittierende LDs mit gebogenem Hohlräum. Hierzu sei auch auf "Journal of Electronic Information Communication Institute" C-I, Vol. J75-C-I, No. 5, Seiten 245–256 (Mai 1992) verwiesen. Diese oberflächenemittierenden LDs emittieren Laserlicht in einer Richtung senkrecht zu einer Hauptoberfläche des Substrates, wohingegen herkömmliche LDs Laserlicht aus einer Facette oder Kristallfläche des Substrates emittieren.

Von diesen drei Typen von oberflächenemittierenden Laserdioden ist die oberflächenemittierende LD mit horizontalem Hohlräum in einem vergleichsweise einfachen Verfahren unter Verwendung einer Technik herstellbar, bei der ein Diffraktionsgitter in einem optischen Wellenleiter hergestellt wird, wobei diese Technik für gewöhnlich bei der Herstellung einer DFB-Laserdiode (DFB = Distributed Feedback) oder einer DBR-Laserdiode (DBR = Distributed Bragg Reflector) verwendet wird. Genauer, die LD mit horizontalem Hohlräum wird so hergestellt, daß das Diffraktionsgitter in zweiter Ordnung ausgebildet wird, d. h. mit einer Periode, welche λ_0 (Wellenlänge des Laserlichts)/n(effektiver Brechungsindex des Wellenleiters) erfüllt. In der nachfolgenden Beschreibung wird dieses Diffraktionsgitter zweiter Ordnung als sekundäres Diffraktionsgitter bezeichnet.

Fig. 15 ist eine perspektivische Darstellung eines oberflächenemittierenden DBR-Lasers nach dem Stand der Technik, wie er in "Applied Physics Letters", 50(24), 15. Juni 1987, Seiten 1705–1707 beschrieben ist. In der Darstellung gemäß Fig. 15 beinhaltet ein oberflächenemittierender DBR-Laser 150 ein GaAs-Substrat 52 des n-Typs. Auf dem GaAs-Substrat 52 des n-Typs sind aufeinanderfolgend eine GaAs-Pufferschicht 53 des n-Typs, eine AlGaAs-Plattierungsschicht 52 des n-Typs und eine Lichtleiterschicht 55 des MQW-Typs (MQW = Multi-quantum Well = Mehrfachquanten-Wanne oder Übergitter). Die MQW-Lichtleiterschicht 55 weist abwechselnd GaAs-Wannenschichten und AlGaAs-Sperr- oder Barriereschichten auf. Eine AlGaAs-Plattierungsschicht 56 des p-Typs mit einem streifenförmigen sekundären Diffraktionsgitter 58 ist auf der Lichtleiterschicht 55 angeordnet. Eine GaAs-Kontaktschicht 59 des p-Typs ist auf einem Teil des sekundären Diffraktionsgitters 58 in einem Laser-Oszillationsbereich 150A angeordnet. Isolierende Filme 57 sind auf der Plattierungsschicht 56 aufeinander gegenüberliegenden Seiten des streifenförmigen sekundären Diffraktionsgitters 58 und auf der oberen Oberfläche des Diffraktionsgitters 58 mit Ausnahme des Laser-Oszillationsbereiches 150A und auf den ge-

genüberliegenden seitlichen Oberflächen des Diffraktionsgitters 58 und der Kontaktsschicht 59 in dem Laser-Oszillationsbereich 150A angeordnet. Eine Seitenelektrode 61 des p-Typs ist auf dem isolierenden Film 57 und der Kontaktsschicht 59 in dem Laser-Oszillationsbereich 150A angeordnet. Eine Facette des Laser-Oszillationsbereiches 150A ist mit einem hoch reflektierenden Film 60 beschichtet.

Nachfolgend wird die Arbeitsweise dieser bekannten Anordnung beschrieben.

Wenn durch die p-Seitenelektrode 61 ein Strom in den Laser-Oszillationsbereich 150A eingebracht wird, erfolgt eine Laser-Grundschwingung. Wenn das Laserlicht in die Al-GaAs-Plattierungsschicht 56 des p-Typs inklusive des sekundären Diffraktionsgitters 58, d. h. des optischen Wellenleiters hineinreicht, wird eine maximale Reflexivität bei einer Wellenlänge erhalten, die durch die Periode des sekundären Diffraktionsgitters 58 bestimmt ist und zwischen der Lichtleiterschicht 55 und dem hoch reflektierenden Film 60 wird ein Resonator erzeugt, wodurch der Laser in einer einzigen und longitudinalen Mode oszilliert. Das sekundäre Diffraktionsgitter 58 wandelt das Laserlicht parallel zur Oberfläche des Substrates 52 in ein Laserlicht senkrecht zur Oberfläche des Substrates um und gibt das Laserlicht aus.

Wenn eine Mehrzahl von LDs mit horizontalem Hohlräum, beispielsweise wie die oben beschriebenen oberflächenemittierenden DBR-LDs 150 zweidimensional auf dem gleichen Substrat integriert werden, wird ein oberflächenemittierendes DBR-LD-Feld realisiert.

Fig. 16 zeigt eine perspektivische Darstellung eines oberflächenemittierenden DBR-LD-Feldes, wie es in "Electronics Letters", Vol. 24, No. 5, 1988, S. 283 beschrieben ist. In der Fig. 16 bezeichnen gleiche Bezugssymbole wie in Fig. 15 gleiche oder einander entsprechende Teile. Ein zweidimensionales oberflächenemittierendes DBR-LD-Feld 160 umfaßt drei oberflächenemittierende DBR-LDs mit jeweils sekundären Diffraktionsgittern 58a, 58b und 58c, welche parallel zueinander auf dem gleichen Substrat 52 angeordnet sind, wodurch die Ausgangsleistung des Laserlichts erhöht wird.

In diesem oberflächenemittierenden LD-Feld 160 nach dem Stand der Technik weist ein Ausgangslaserlicht von dem LD-Feld 160 Laserlichtanteile auf, welche von den entsprechenden Laserresonatoren emittiert werden, so daß im Vergleich zu der oberflächenemittierenden LD 150 mit dem einzigen Laserresonator gemäß Fig. 15, (sekundäres Diffraktionsgitter) eine höhere Ausgangsleistung erhalten wird. Da jedoch eine Mehrzahl von Laser-Oszillationsbereichen nahe aneinander angeordnet ist, wächst die Temperatur dieser Vorrichtung erheblich an, wenn die Laser kontinuierlich oszillieren, so daß der Brechungsindex in dem optischen Wellenleiter, d. h. in der Lichtleiterschicht und in der Plattierungsschicht sich in nachteiliger Weise ändert. Diese Änderungen in dem Brechungsindex bewirken eine Differenz zwischen der Bragg-Wellenlänge des sekundären Diffraktionsgitters, das in dem optischen Wellenleiter hergestellt wird und in der Laseroszillations-Wellenlänge, was zu einem unstabilen Strahlaustrittswinkel führt. Die Fig. 17(a) bis 17(c) zeigen ein oberflächenemittierendes DBR-LD-Feld mit einem kreisförmigen Diffraktionsgitter wie es in der veröffentlichten japanischen Patentanmeldung Nr. Hei. 3-257888 beschrieben ist, wobei Fig. 17(a) eine perspektivische Darstellung des DBR-LD-Feldes ist, Fig. 17(b) eine Schnittdarstellung entlang Linie 17b-17b in Fig. 17(a) ist und Fig. 17(c) eine Schnittdarstellung entlang Lini 17c-17c in Fig. 17(a) ist.

In den Figuren beinhaltet ein oberflächenemittierendes DBR-LD-Feld 170 ein InP-Substrat 70 des n-Typs mit einander gegenüberliegenden vorderen und hinteren Oberflächen. Eine InGaAsP-Wellenleiterschicht 83 des n-Typs mit einer Bandlückenenergie gleich einer Wellenlänge von 1.3 µm, eine In-GaAsP-Aktivschicht 82 mit einer Bandlückenenergie gleich einer Wellenlänge von 1.55 µm, eine InP-Plattierungsschicht 81 des p-Typs und eine InGaAsP-Kappenschicht 80 des p-Typs sind aufeinanderfolgend auf dem InP-Substrat des n-Typs angeordnet. Teile dieser Schichten 80, 81 und 82 in der Mitte der Struktur werden selektiv entfernt und ein kreisförmiges sekundäres Diffraktionsgitter 59 wird auf der frei liegenden Oberfläche der InGaAsP-Wellenleiterschicht 83 des n-Typs hergestellt. Weiterhin werden diese Schichten 80, 81, 82 und 83 in einer Mehrzahl von streifenförmigen Mesas über das Diffraktionsgitter 79 hinweg ausgebildet. Genauer gesagt, gemäß Fig. 17(a) werden vier streifenförmige Laserresonatoren 71, 72, 73 und 74, die jeweils den Querschnitt gemäß Fig. 17b haben, durch selektives Entfernen von Bereichen dieser Schichten 80 bis 83 hergestellt. Wie in Figur 17(c) gezeigt ist eine halbisolierende InP-Schicht 84 auf dem Substrat 70 angeordnet und kontaktiert einander gegenüberliegende Seiten eines jeden Laserresonators. Eine Seitenelektrode 78 des n-Typs ist auf der rückwärtigen Oberfläche des Substrates 70 ausgebildet. Eine Seitenelektrode 75 des p-Typs ist auf den streifenförmigen Resonatoren 70 bis 74 und auf der halbisolierenden InP-Schicht 84 ausgebildet. Mit den Bezugszeichen 81a sind Facetten oder Kristallflächen bezeichnet, mit den Bezugszeichen 76 ein isolierender Film und dem Bezugszeichen 77 ein Metallfilm.

Bei diesem oberflächenemittierenden DBR-LD-Feld nach dem Stand der Technik werden Laserlichtanteile, die durch Laseroszillationen der jeweiligen Resonatoren 71 bis 74 erzeugt werden, von dem kreisförmigen Diffraktionsgitter 79 nach oben ausgegeben, so daß von der einzigen Apertur eine hohe Ausgangsleistung erhalten wird, die proportional zu der Anzahl der Laserresonatoren ist. Zusätzlich ist der Raum zwischen benachbarten Resonatoren größer als bei dem LD-Feld gemäß Fig. 16. Von daher wird der unerwünschte Temperaturanstieg in der Vorrichtung während einer kontinuierlichen Laseroszillation unterdrückt, wodurch die Instabilität in dem Strahlaustrittswinkel auf einen bestimmten Betrag verringerbar ist.

Da das oberflächenemittierende DBR-LD-Feld nach dem Stand der Technik ein Laserlicht mit hoher Leistung in einer Richtung senkrecht zur Hauptfläche des Substrates aussendet, wird es als lichtemittierendes Halbleiterelement zur optischen Kopplung von Signalen zwischen einer Mehrzahl von Computern oder zur optischen Kopplung in einem Computer, d. h. von Signalen zwischen einer Mehrzahl von Schaltkreiskarten oder auf einer jeden Schaltkreiskarte oder von Signalen zwischen einer Mehrzahl von Chips verwendet. Dieses optische Verbindungssystem macht Mittel notwendig, mit den elektrische Signale in Licht umwandelbar sind, Mittel zum Übertragen des optischen Signales und Mittel zum Wiedererhalt des elektrischen Signales aus dem optischen Signal. Ein lichtemittierendes Halbleiterelement (beispielsweise ein Halbleiterlaser), ein optischer Wellenleiter und ein lichtempfindliches Halbleiterelement sind die hierfür verwendeten Mittel. Fig. 18(a) ist eine schematische Darstellung eines optischen Verbindungssystems, das einen optischen Wellenleiter verwendet (nachfolgend als optische Wellenleiterverbindung bezeichnet) und Fig. 18(b) ist eine schematische Darstellung eines optischen Verbindungssystems, das keinen Wellenleiter verwendet (nachfolgend als optische räumliche Verbindung bezeichnet).

Gemäß den Fig. 18(a) und 18(b) wird bei der optischen Wellenleiterverbindung bzw. der optischen räumlichen Verbindung die Richtung, in der von einem Halbleiterlaser immittiertes Laserlicht geführt wird, durch einen optischen Wellenleiter bzw. einen Reflektionsspiegel geändert. Wenn daher gemäß Fig. 19 die Richtungen von Laserlichtanteilen 92a bis 92c, welche von oberflächenemittierenden LD-Feldern 90a bis 90c ausgegeben werden, die auf einem Übertragerchip 190a angeordnet sind, separat für jedes oberflächenemittierende LD-Feld gesteuert werden, kann auf physische Mittel zum Ändern des optischen Pfades, also beispielsweise auf den Wellenleiter oder den Reflektionsspiegel verzichtet werden. Zusätzlich werden Informationen von den drei oberflächenemittierenden LD-Feldern 90a bis 90c von sechs Photodioden 91a bis 91f empfangen, die auf einem Empfängerchip 190b angeordnet sind, so daß die Bauelementgröße erheblich verkleinert wird. In dem oberflächenemittierenden LD-Feld gemäß Fig. 16 ist jedoch eine Mehrzahl von Oszillationsteilen der Laserresonatoren parallel und eng benachbart angeordnet und jeder Laserresonator wird durch Lecklicht von dem benachbarten Resonator nachteilig beeinflußt. Selbst wenn daher die jeweiligen Laserresonatoren mit unterschiedlichen Treiberströmen oszilliert werden und eine phasengemischte Welle erzeugt wird, arbeiten die jeweiligen Laserresonatoren nicht stabil, so daß die Ausgangsrichtung der erhaltenen phasengemischten Welle nicht beliebig gesteuert werden kann. Da andererseits in dem oberflächenemittierenden LD-Feld gemäß Fig. 17 eine Mehrzahl von Laserlichtanteilen von den Oszillationen der jeweiligen Laserresonatoren 71 bis 74 miteinander an dem ringförmigen Diffraktionsgitter 79 in Interferenz geraten bzw. einander stören oder beeinflussen, wird keine phasengemischte Welle erhalten, so daß die Ausgangsrichtung des zusammengesetzten Ausgangslichts mit den Laserlichtanteilen von den jeweiligen Laserresonatoren nicht beliebig gesteuert werden kann.

In der Zwischenzeit wird mehr und mehr eine optische Mehrfachwellenlängen-Kommunikation angewendet, bei der Mehrfachwellenlängen-Licht mit Laserlichtanteilen unterschiedlicher Wellenlängen durch eine optische Faser geführt wird. Wenn bei dem oberflächenemittierenden LD-Feld gemäß Fig. 16 die Teilungen der jeweiligen sekundären Diffraktionsgitter 58a bis 58c von einander unterschiedlich sind, werden Laserlichtanteile mit unterschiedlichen Wellenlängen gleichzeitig ausgegeben. Bei dem oberflächenemittierenden LD-Feld gemäß Fig. 16 sind jedoch die sekundären Diffraktionsgitter 58a bis 58c zueinander parallel und eng benachbart angeordnet, so daß Laserlichtanteile von den jeweiligen Diffraktionsgittern miteinander in Interferenz geraten, so daß ein Mehrfachwellenlängen-Laserlicht mit einer vorbeschriebenen Wellenlänge nicht stabil ausgegeben werden kann. Bei dem oberflächenemittierenden LD-Feld gemäß Fig. 17 geraten Laserlichtanteile mit unterschiedlichen Wellenlängen miteinander an dem ringförmigen Diffraktionsgitter 79 in Interferenz, so daß ein Mehrfachwellenlängen-Laserlicht mit einer bestimmten Wellenlänge nicht stabil ausgegeben werden kann.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein oberflächenemittierendes LD-Feld zu schaf-

fen, welches stabil Ausgangswinkel von Laserlichtanteilen von entsprechenden Laserresonatoren (Laserdioden) im kontinuierlichen Betrieb bei Raumtemperatur ermöglicht, b) in dem die jeweiligen Laserresonatoren separat gesteuert werden und bei dem in zusammengesetztes Laserlicht bestehend aus Laserlichtanteilen von Laserresonatoren mit hoher Steuerbarkeit in eine beliebige Richtung lenkbar ist.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen oberflächenemittierenden LD-Feldes bereit zu stellen.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein räumliches, optisches Verbindungssystem zu schaffen, welches das oberflächenemittierende LD-Feld verwendet.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein oberflächenemittierendes LD-Feld zu schaffen, bei dem eine Mehrzahl von Laserresonatoren (Laserdioden) separat voneinander steuerbar ist, und bei dem ein zusammengesetztes Laserlicht mit Laserlichtanteilen unterschiedlicher Wellenlänge von den jeweiligen Laserresonatoren in einer bestimmten Richtung ausgegeben wird, wobei die Ausgabe mit hoher Stabilität erfolgt und keine gegenseitige Beeinflussung der Laserlichtanteile unterschiedlicher Wellenlänge erfolgt.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Photodetektor zu schaffen, der nur Licht mit einer bestimmten Wellenlänge aus dem oben erwähnten Mehrfachwellenlängen-Laserlicht erkennt.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein optisches Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystem zu schaffen, mit einem Übertrager aus dem oben beschriebenen oberflächenemittierenden LD-Feld und einem Empfänger, der das Mehrfachwellenlängen-Licht von dem Übertrager bei jeder Wellenlänge erkennt.

Die Lösung dieser Aufgaben erfolgt durch die im Anspruch 1 bzw. 8 bzw. 9 bzw. 13 bzw. 21 bzw. 22 bzw. 23 bzw. 25 bzw. 27 angegebenen Merkmale.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

Gemäß eines ersten Aspektes der vorliegenden Erfindung weist ein oberflächenemittierendes LD-Feld eine Mehrzahl von oberflächenemittierenden LDs auf, welche jeweils sekundäre Diffraktionsgitter beinhalten, welche mit der gleichen Unterteilung erzeugt werden. Diese LDs werden radial auf einem Substrat mit einem bestimmten Punkt des Substrates als Mittelpunkt der radialen Anordnung angeordnet, so daß die sekundären Diffraktionsgitter in Richtung des Mittelpunktes weisen. In dieser Anordnung sind die Laseroszillationsbereiche der benachbarten oberflächenemittierenden LDs voneinander beabstandet, so daß die jeweiligen oberflächenemittierenden LDs jeweils individuell mit hoher Stabilität betrieben werden. Im Ergebnis wird, wenn diese oberflächenemittierenden LDs mit dem gleichen Treiberstrom oszilliert werden, ein Laserlicht mit hoher Leistung mit einer Mehrzahl von Laserlichtanteilen, die von den jeweiligen LDs ausgegeben werden, und gleiche Phase und Wellenlänge haben, stabil in einer bestimmten Richtung ausgesendet. Wenn andererseits diese oberflächenemittierenden LDs mit unterschiedlichen Treiberströmen oszilliert werden, wird eine phasenzusammengesetzte Welle, in der eine Mehrzahl von Laserlichtanteilen mit gleicher Phase und unterschiedlicher Wellenlängen vorhanden sind, stabil in einer bestimmten Richtung ausgesendet.

Gemäß eines zweiten Aspektes der vorliegenden Er-

findung sind in dem oben erwähnten oberflächenemittierenden LD-Feld die oberflächenemittierenden LDs so angeordnet, daß Vorsprünge der sekundären Diffraktionsgitter einander benachbarte LDs nicht konzyklisch mit dem Mittelpunkt auf dem Substrat als Mitte sind. Wenn daher diese oberflächenemittierenden LDs mit unterschiedlichen Treiberströmen oszilliert werden, um eine phasenzusammengesetzte Welle zu erzeugen, wird die gegenseitige Interferenz von Lecklicht mit unterschiedlichen Phasen zwischen den benachbarten oberflächenemittierenden LDs aufgehoben, wodurch die phasenzusammengesetzte Welle stabil in einer bestimmten Richtung ausgesendet wird.

Gemäß eines dritten Aspektes der vorliegenden Erfindung ist bei dem oben erwähnten oberflächenemittierenden LD-Feld eine Mehrzahl von Kerben zur Wärmeabstrahlung zwischen einander benachbarten LDs angeordnet. Eine gegenseitige thermische Beeinflussung einander benachbarter oberflächenemittierender LDs wird hierdurch verhindert, wodurch die jeweiligen LDs mit hoher Zuverlässigkeit betrieben werden können.

Gemäß eines vierten Aspektes der vorliegenden Erfindung werden bei dem Verfahren zum Betreiben eines oberflächenemittierenden LD-Feldes die jeweiligen oberflächenemittierenden LDs mit unterschiedlichen Betriebsströmen angesteuert, um diese LDs individuell zu steuern, wodurch die Ausgangsrichtung eines zusammengesetzten Laserlichts mit Laserlichtanteilen von den jeweiligen oberflächenemittierenden LDs in eine beliebige Richtung geändert werden kann, ohne einen Reflexionsspiegel oder einen optischen Wellenleiter benutzen zu müssen.

Gemäß eines fünften Aspektes der vorliegenden Erfindung werden bei dem oberflächenemittierenden LD-Feld die sekundären Diffraktionsgitter der jeweiligen LDs mit unterschiedlichen Teilungen hergestellt. Die jeweiligen oberflächenemittierenden LDs werden daher mit unterschiedlichen Oszillationswellenlängen oszilliert und ein Mehrfachwellenlängen-Laserlicht bestehend aus einer Mehrzahl von Laserlichtanteilen mit unterschiedlichen Wellenlängen wird erhalten.

Gemäß eines sechsten Aspektes der vorliegenden Erfindung ist ein oberflächenemittierendes LD-Feld vorgesehen mit einem Substrat, das eine Durchgangsbohrung hat, wobei eine Mehrzahl von oberflächenemittierenden LDs radial auf dem Substrat so angeordnet ist, daß die laseremittierenden Kristallflächen der entsprechenden LDs in Richtung der Durchgangsbohrung weisen, wobei eine Einrichtung vorgesehen ist, um Laserlichtanteile von den jeweiligen LDs zu sammeln und das zusammengefaßte Laserlicht in Richtung senkrecht zur Oberfläche des Substrates auszugeben. Die Vorrichtung zum Sammeln des Laserlichtes ist in der Durchgangsbohrung des Substrates angeordnet. Von daher kann der gleiche Betrieb wie bei dem oben beschriebenen oberflächenemittierenden LD-Feld ohne Verwendung von oberflächenemittierenden LDs erhalten werden.

Gemäß eines siebten Aspektes der vorliegenden Erfindung weist ein Photodetektor eine optische Wellenleiterschicht, einen lichtempfindlichen Teil mit einem sekundären Diffraktionsgitter, das Licht mit einer bestimmten Wellenlänge zu der optischen Wellenleiterschicht führt, und einen Lichtdetektionsteil zum Wandeln des Lichtes mit einer bestimmten Wellenlänge, das durch die optische Wellenleiterschicht wandert in einen photoelektrischen Strom und zum Ausgeben des photoelektrischen Stromes auf. Von daher wird Licht mit einer bestimmten Wellenlänge aus dem Mehrfachwellen-

längen-Licht mit hoher Präzision herausdetektiert.

Gemäß eines achten Aspektes der vorliegenden Erfindung weist ein Photodetektorfeld eine Mehrzahl der erwähnten Photodetektoren auf. Diese Photodetektoren sind radial auf einem Substrat angeordnet, wobei eine bestimmter Punkt auf dem Substrat der Mittelpunkt der radialen Anordnung derart ist, daß die sekundären Diffraktionsgitter der jeweiligen Photodetektoren in Richtung des Mittelpunktes weisen. Wenn daher die sekundären Diffraktionsgitter der jeweiligen Photodetektoren mit unterschiedlichen Teilungen erzeugt werden, wird Mehrfachwellenlängen-Licht mit jeder Wellenlänge mit hoher Präzision ohne die Verwendung von Vorrichtungen zum Unterteilen des Mehrfachwellenlängen-Lichtes in Signallichtanteile der jeweiligen Wellenlänge erkannt.

Gemäß eines neunten Aspektes der vorliegenden Erfindung weist ein räumliches optisches Verbindungssystem als lichtemittierendes Halbleiterelement zur Übertragung ein oberflächenemittierendes LD-Feld auf, bei dem die sekundären Diffraktionsgitter der jeweiligen oberflächenemittierenden LDs mit der gleichen Teilung erzeugt werden. Wenn daher die Treiberströme für die jeweiligen oberflächenemittierenden LDs gesteuert werden, wird ein zusammengesetztes Laserlicht mit Laserlichtanteilen von den jeweiligen LDs in einer beliebigen Richtung ausgesendet, wodurch Signallichtanteile zu einer Mehrzahl von lichtempfangenden Elementen übertragen werden können.

Gemäß eines zehnten Aspektes der vorliegenden Erfindung weist ein optisches Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystem ein oberflächenemittierendes LD-Feld auf, bei dem die sekundären Diffraktionsgitter der oberflächenemittierenden LDs mit unterschiedlichen Teilungen hergestellt sind, ein Photodetektorfeld, bei dem die sekundären Diffraktionsgitter der jeweiligen Photodetektoren mit unterschiedlichen Teilungen hergestellt werden und eine optische Faser, welche das LD-Feld und das Photodetektorfeld verbindet. Von daher wird Mehrfachwellen-Licht der optischen Faser mit hoher Stabilität übertragen und ein Signallicht mit einer bestimmten Wellenlänge wird aus dem übertragenen Mehrfachwellenlängen-Licht mit hoher Präzision herausdetektiert und empfangen.

Weitere Einzelheiten und Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

Es zeigt:

Fig. 1(a) eine Draufsicht auf ein oberflächenemittierendes LD-Feld gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 1(b) eine perspektivische Darstellung einer LD in dem LD-Feld, das in dem strichpunktiierten Bereich A in Fig. 1(a) angeordnet ist;

Fig. 2 und 3 schematische Schnittdarstellungen zur Erläuterung der Arbeitsweise des oberflächenemittierenden LD-Feldes von Fig. 1;

Fig. 4 eine perspektivische Darstellung einer oberflächenemittierenden LD gemäß Fig. 1(b) mit einer Phasensteuerfunktion;

Fig. 5 eine Draufsicht zur Darstellung von Teilen sekundärer Diffraktionsgitter in einem oberflächenemittierenden LD-Feld gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine Draufsicht auf ein oberflächenemittierendes LD-Feld gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 eine perspektivische Darstellung einer oberflächenemittierenden LD in dem LD-Feld gemäß Fig. 6;

Fig. 8 eine Draufsicht auf ein oberflächenemittierendes LD-Feld gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 9 und Fig. 10 Schnittdarstellungen des LD-Feldes von Fig. 8;

Fig. 11 eine Draufsicht auf ein oberflächenemittierendes LD-Feld gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12(a) und Fig. 12(b) eine perspektivische Darstellung und eine Schnittdarstellung eines Photodetektors gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13 eine Draufsicht auf ein Photodetektorfeld gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 14 eine schematische Darstellung eines optischen Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystems gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 15 eine perspektivische Darstellung einer oberflächenemittierenden LD nach dem Stand der Technik;

Fig. 16 eine perspektivische Darstellung eines oberflächenemittierenden LD-Feldes nach dem Stand der Technik;

Fig. 17(a) bis 17(c) perspektivische Darstellungen bzw. Schnittdarstellungen eines oberflächenemittierenden LD-Feldes nach dem Stand der Technik;

Fig. 18(a) und 18(b) schematische Darstellungen von herkömmlichen optischen Verbindungssystemen; und

Fig. 19 eine schematische Darstellung eines räumlichen optischen Verbindungssystems mit einem lichtemittierenden Halbleiterelement, welches die Richtung des Ausgangslichtes ändern kann.

Fig. 1(a) ist eine Draufsicht auf ein oberflächenemittierendes LD-Feld gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und Fig. 1(b) ist eine perspektivische Darstellung einer LD, die in diesem LD-Feld in dem strichpunktiierten Bereich A in Fig. 1(a) angeordnet ist. Gemäß den Fig. 1(a) und 1(b), weist ein oberflächenemittierendes LD-Feld 100 ein InP-Substrat 10 des n-Typs auf. Eine Mehrzahl von oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l des DBR-Typs (DBR = Distributed Bragg Reflector) mit je einem sekundären Diffraktionsgitter 16 ist radial auf dem InP-Substrat 10 angeordnet, wobei ein bestimmter Punkt auf dem Substrat 10 der Mittelpunkt der radialen Anordnung ist, so daß die sekundären Diffraktionsgitter 16 in Richtung des Mittelpunktes weisen. Die sekundären Diffraktionsgitter 16 der LDs 101a bis 101l werden mit gleicher Teilung oder Unterteilung hergestellt. Obgleich in Fig. 1(a) nicht dargestellt, sind die oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l so angeordnet, daß die Vorsprünge einander benachbarter sekundärer Diffraktionsgitter 16 nicht konzyklisch mit dem Mittelpunkt der radialen Anordnung als Mitte sind.

Die oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l weisen die gleichen Halbleiterschichten auf. Genauer gesagt, gemäß Fig. 1b ist auf dem Substrat 10 des n-Typs eine InP-Plattierungsschicht 11 des n-Typs mit einer Dicke von 1 µm angeordnet. Eine InGaAsP Lichtleiter-Schicht 12 mit einer Dicke von 300 Å ist auf der Plattierungsschicht 11 angeordnet. Eine aktive MQW-Schicht 13 (MQW = Multiquantum Well) ist auf der Lichtleiter-Schicht 12 angeordnet. Die MQW-Schicht weist abwechselnd angeordnet fünf bis zehn 100 Å dicke InGaAsP-Barriereschichten und fünf bis zehn 70 Å dicke

InGaAsP-Wannenschichten auf. Eine InGaAsP-Lichtleiterschicht 14 mit einer Dicke von 300 Å ist auf der MQW-Schicht 13 angeordnet. Eine InP-Plattierungsschicht 15 des p-Typs mit einer Dicke von 0,5 µm ist auf der Lichtleiterschicht 14 angeordnet. Ein sekundäres InGaAsP-Diffraktionsgitter 16 ist auf der Plattierungsschicht 11 angeordnet. Die Schichten 11 bis 16 sind in einer streifenförmigen Mesastruktur 30 ausgebildet. Eine Fe-dotierte InP-Schicht 17 ist auf der Plattierungsschicht 11 des n-Typs angeordnet und kontaktiert die einander gegenüberliegenden Seiten der Mesastruktur 30 mit Ausnahme des Diffraktionsgitters 16. Eine InGaAsP-Kontaktschicht 18 des p-Typs ist auf einem Teil des Diffraktionsgitters 16 in einem Laseroszillationsbereich 101A vorgesehen. Ein isolierender Film 19 ist aufeinander gegenüberliegenden Seiten des Diffraktionsgitters 16 und der Kontaktschicht 18 in dem Laseroszillationsbereich 101A und auf einem Teil der Fe-dotierten Schicht 17 im Nahbereich des Diffraktionsgitters 16 angeordnet. Eine Seitenelektrode 20 des p-Typs mit Cr/Au ist über dem isolierenden Film 19 und der oberen Oberfläche der Kontaktschicht 18 angeordnet. Laserlicht wird von dem sekundären Diffraktionsgitter 16 in dem Laserlicht-Emissionsbereich 101B in einer Richtung senkrecht zur Oberfläche des Substrates 10 ausgegeben. Eine Seitenelektrode 22 des n-Typs mit AuGe/Ni/Au ist auf der rückwärtigen Oberfläche des Substrates 10 angeordnet. Ein hoch reflektierender Film 21 ist an einem Ende des sekundären Diffraktionsgitters 16 und einem Teil der Plattierungsschicht 15 des p-Typs angeordnet, der von der Seitenelektrode 20 des p-Typs vorragt. Der hoch reflektierende Film 21 kann über der Fe-dotierten Schicht 17 angeordnet sein.

Ein Herstellungsverfahren für das oberflächenemittierende LD-Feld 100 gemäß den Fig. 1(a) und 1(b) wird nun beschrieben.

Der Herstellungsprozeß für die LDs 101a bis 101l in dem LD-Feld 100 ist im wesentlichen gleich dem Herstellungsprozeß einer oberflächenemittierenden LD nach dem Stand der Technik. In dem Herstellungsprozeß des sekundären Diffraktionsgitters inklusive abscheiden und aushärten eines Photoresist-Films in Form eines Diffraktionsgitters mit bestimmter Teilung unter Verwendung eines zweistrahl-Interferenzbelichtungsverfahrens einer Laserquelle und Ausbilden des sekundären Diffraktionsgitters als Halbleiterschicht unter Verwendung des Photoresist-Musters als Maske erzeugt ein Belichtungsprozeß jedoch nur ein Diffraktionsgitter-Photoresistmuster in einer Richtung. Daher wird in der vorliegenden Erfindung unter Verwendung der Tatsache, daß das oberflächenemittierende LD-Feld 100 eine rotationssymmetrische Struktur bezüglich des Mittelpunktes der Vorrichtung hat, das Substrat 10 nur teilweise maskiert, so daß die oberflächenemittierenden LDs, auf denen die sekundären Diffraktionsgitter in gleicher Richtung verlaufen, belichtet werden und das Substrat wird einer Mehrfachstrahl-Interferenzbelichtung unterworfen. Das Substrat 10 oder die optische Quelle für die Interferenzbelichtung (nicht dargestellt) wird um den Mittelpunkt der Vorrichtung herum gedreht und sekundäre Diffraktionsgitter, welche in die gleiche Richtung verlaufen, werden aufeinanderfolgend durch Mehrfachstrahl-Interferenzbelichtung erzeugt. Alternativ hierzu kann der Photoresist-Film in einer radialen Diffraktionsgitterung unter Verwendung einer Elektronenstrahlbelichtung gemustert werden, oder das Diffraktionsgittermuster kann direkt auf der Halbleiterschicht unter Verwendung einer FIBE-Technik (Focus

sed Ion Beam Etching) ohne Verwendung des Photoresist-Filmes gebildet werden.

Bei dem LD-Feld 100 gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die entsprechenden LDs 101a bis 101l voneinander durch Mesa-Ätzen getrennt. Bei dem Mesa-Ätzvorgang für herkömmliche InGaAsP-InP LDs wird ein Naß-Ätzverfahren unter Verwendung einer basischen Br-Lösung verwendet. Dieses Naß-Ätzen hängt jedoch sehr stark von der Oberflächenausrichtung des Substrates ab, so daß unterschiedliche Ebenen und Formen abhängig von den Richtungen erzeugt werden, in welchen die Muster erzeugt werden. Das bevorzugte Verfahren zum Trennen der LDs voneinander ist daher nicht das Naß-Ätzen. In der dargestellten Ausführungsform in der vorliegenden Erfindung wird ein Trocken-Ätzvorgang — beispielsweise RIE (Reactive Ion Etching) oder FIBE (Focus Ion Beam Etching) — verwendet, um die Elementtrennung unabhängig von der Oberflächenausrichtung zu ermöglichen.

Nachfolgend wird die Arbeitsweise der beschriebenen und dargestellten Ausführungsform erläutert.

Wenn die jeweiligen LDs 101a bis 101l in dem oberflächenemittierenden LD-Feld 100 mit Strömen der gleichen Größe oszilliert werden, wie in Fig. 2 dargestellt, werden Laserlichtanteile 23a und 23b von den sekundären Diffraktionsgittern 16 der oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l emittiert, wobei diese Lichtanteile gleiche Wellenlänge und gleiche Phase haben und diese Lichtanteile geraten im Mittelpunkt der Vorrichtung miteinander in Interferenz, was zu einem Laserlicht 23 mit hoher Energie führt. Fig. 2 zeigt eine Schnittdarstellung entlang den gegenüberliegenden LDs 101a und 101g und es sind nur Laserlichtanteile 23a und 23b in der Figur gezeigt. Es versteht sich, daß Laserlichtanteile gleicher Wellenlänge und gleicher Phase von allen LDs 101a bis 101l emittiert werden.

Wenn andererseits die jeweiligen LDs 101a bis 101l in dem oberflächenemittierenden LD-Feld 100 mit Strömen unterschiedlicher Größe oszilliert werden, wird, da die Laserlichtanteile 24a und 24b von den sekundären Diffraktionsgittern 16 der entsprechenden LDs 101a bis 101l gleiche Wellenlänge aber unterschiedliche Phasen haben, wie in Figur 3 gezeigt, ein Weitfeld-Laserlicht 24 (far-field laser light), das vom Mittelpunkt des LD-Feldes ausgegeben wird, eine phasenzusammengesetzte Welle der jeweiligen LDs. Daher ist es möglich, den Intensitätsspitzenwinkel Θ zu variieren, der durch die Differenz der Phasen zwischen den jeweiligen LDs 101a bis 101l bestimmt wird. In dem die Treiberströme zu den jeweiligen LDs 101a bis 101l gesteuert werden, um die Phase des von dem LD emittierten Laserlichtes zu ändern. Der Spitzenwinkel Θ , der in seiner Richtung variabel ist, ist bezüglich der Lichtemissionsrichtung konisch, d. h. bezüglich der Richtung senkrecht zum Substrat, da die oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l radial um einen bestimmten Punkt des Substrates herum als Mittelpunkt angeordnet sind. Fig. 3 ist eine Schnittdarstellung entlang einander gegenüberliegenden LDs 101a bis 101g und es sind nur zwei Laserlichtanteile 24a und 24b dargestellt. Es versteht sich jedoch, daß Laserlichtanteile von allen LDs 101a bis 101l emittiert werden.

In dem oben beschriebenen Ablauf kann als Verfahren zur Steuerung der Oszillationsphase eines jeden LD eine Phasensteuervorrichtung verwendet werden, die in einem hinsichtlich der Wellenlänge variablen Dreielektroden-DBR-Laser enthalten ist, wie er in "Electronics

"Letters", Vol. 23, S. 404, 1987 beschrieben ist. Genauer gesagt, ein Phasensteuerbereich ist in einem bestimmten Abschnitt eines optischen Wellenleiters ausgebildet und ein Strom wird in diesen Phasensteuerbereich eingebracht, um die Ladungsträgerkonzentration in diesem Bereich zu ändern. Die Änderung in der Ladungsträgerkonzentration bewirkt, daß sich der Brechungsindex in diesem Bereich ändert. Die Änderungen in der Phase, welche durch Änderungen in der Laser-Oszillationswellenlänge bewirkt werden, wird durch die Änderung im Brechungsindex kompensiert und gesteuert.

Fig. 4 ist eine perspektivische Darstellung, die einen Teil einer oberflächenemittierenden LD mit einer derartigen Phasensteuereinrichtung zeigt. In Fig. 4 bezeichnen gleiche Bezugszeichen wie in Fig. 1(b) gleiche oder einander entsprechende Teile. Der Aufbau der Anordnung gemäß Fig. 4 ist identisch zu dem Aufbau gemäß Fig. 1(b) mit der Ausnahme, daß ein Phasensteuerbereich 101c mit einem zusätzlichen isolierenden Film 19a und einer zusätzlichen Seitenelektrode 20a des p-Typs zwischen dem Laseroszillationsbereich 101a und dem laserlichtemittierenden Bereich 101B angeordnet ist. Der isolierende Film 19a und die Seitenelektrode 20a werden gleichzeitig mit dem isolierenden Film 19 und der Seitenelektrode 20 in dem Laseroszillationsbereich 101A ausgebildet.

Bei dem oberflächenemittierenden LD-Feld 100 gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung ist eine Mehrzahl von voneinander getrennten oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l mit je einem sekundären Diffraktionsgitter 16 mit gleicher Unterteilung radial auf dem Halbleitersubstrat 10 so angeordnet, daß ein bestimmter Punkt des Substrates 10 der Mittelpunkt der radialen Anordnung ist und die sekundären Diffraktionsgitter 16 der jeweiligen LDs zu diesem Mittelpunkt hinweisen. Da die oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l voneinander getrennt sind und die einander benachbarten Laseroszillationsbereiche äquidistant zueinander angeordnet sind, werden, wenn die jeweiligen oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l kontinuierlich bei Raumtemperatur mit Strömen gleicher Größe betrieben werden, die jeweiligen LDs stabil oszillieren, ohne daß sie durch Lecklicht der benachbarten LDs nachteilig beeinflußt werden. Im Ergebnis kann ein Laserlicht hoher Leistung oder Energie stabil mit einem bestimmten Ausgangswinkel abgegeben werden.

Wenn die jeweiligen oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l mit Strömen unterschiedlicher Größe betrieben werden, wird, da die jeweiligen LDs voneinander getrennt sind und die benachbarten Laseroszillationsbereiche und die benachbarten sekundären Diffraktionsgitter gleichmäßig voneinander beabstandet sind, eine thermische Interferenz und gegenseitige Störung aufgrund von Lecklicht zwischen benachbarten LDs verhindert. Im Ergebnis geben die jeweiligen LDs 101a bis 101l stabil Laserlicht mit bestimmten Phasen ab und eine phasenzusammengesetzte Welle mit bestimmter Phase wird in einer vorherbestimmten Richtung mit hoher Zuverlässigkeit ausgegeben. Weiterhin kann der Intensitätsspitzenwinkel Θ der phasenzusammengesetzten Welle dadurch geändert werden, daß der den oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l zugeführte Strom geändert wird, um die Oszillationsphase der LD zu ändern. Wenn beispielsweise das oberflächenemittierende LD-Feld 100 auf einem Übertragerchip angeordnet ist, ist es möglich, Informationen von dem LD-Feld 100 auf dem Übertragerchip jeder Photodiode aus einer Vielzahl von Photodioden, die in Matrixform auf einen

Empfängerchip angeordnet sind zuzuführen, ohne daß irgendein physisches Mittel zur Änderung des optischen Pfades verwendet werden muß, also beispielsweise ein optischer Wellenleiter oder der Reflexionsspiegel gemäß Fig. 19.

Weiterhin sind die oberflächenemittierenden LDs 101a bis 101l radial so angeordnet, daß die Vorsprünge der sekundären Diffraktionsgitter 16 einander benachbarter LDs nicht mit einem bestimmten Punkt auf dem Substrat 10 des n-Typs als Mittelpunkt konzyklisch sind, so daß gegenseitige Interferenzen oder Störungen von Phasen von Lecklicht einander benachbarter LDs einander aufheben. Im Ergebnis können die jeweiligen LDs 101a bis 101l mit gewünschten Oszillationswellenlängen und -phasen mit hoher Zuverlässigkeit betrieben werden.

Fig. 5 ist eine schematische Darstellung eines Teiles eines oberflächenemittierenden LD-Feldes im Nahbereich der sekundären Diffraktionsgitter gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In Fig. 5 bezeichnen gleiche Bezugszeichen wie in Fig. 1(a) gleiche oder einander entsprechende Teile. Mit den Bezugszeichen 16a bis 16c sind sekundäre Diffraktionsgitter bezeichnet, welche zueinander unterschiedliche Unterteilungen oder Teilungen haben. Das oberflächenemittierende LD-Feld gemäß dieser zweiten Ausführungsform ist im wesentlichen identisch zu demjenigen gemäß den Fig. 1(a) und 1(b) mit der Ausnahme, daß die jeweiligen oberflächenemittierenden LDs sekundäre Diffraktionsgitter mit unterschiedlichen Teilungen haben.

In den oberflächenemittierenden DBR-LD hat das ausgegebene Laserlicht eine einzige Wellenlänge, die durch die Teilung der sekundären Diffraktionsgitter bestimmt wird, was sich eindeutig aus dem Arbeitsprinzip ergibt. Von daher ist das von dem oberflächenemittierenden LD-Feld gemäß der zweiten Ausführungsform ausgegebene Laserlicht ein Mehrfachwellenlängen-Licht, das aus einer Mehrzahl von Laserlichtanteilen mit unterschiedlichen Wellenlängen zusammengesetzt ist. Die Anzahl der Wellenlängen ist gleich der Anzahl der oberflächenemittierenden LDs, die maximal auf dem Substrat angeordnet sind.

Bei der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird, da die sekundären Diffraktionsgitter der jeweiligen LDs mit unterschiedlichen Teilungen hergestellt werden, ein Mehrfachwellenlängen-Ausgangslicht mit Laserlichtanteilen unterschiedlicher Wellenlängen erhalten, wodurch eine Mehrzahl von Informationen zur gleichen Zeit übertragen werden kann.

Fig. 6 ist eine Draufsicht auf ein oberflächenemittierendes LD-Feld gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und Fig. 7 eine perspektivische Darstellung einer oberflächenemittierenden LD, die in dem Feld gemäß Fig. 7 angeordnet ist. In diesen Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen wie in den Fig. 1(a) und 1(b) gleiche oder einander entsprechende Teile. Ein oberflächenemittierendes LD-Feld 200 weist eine Mehrzahl von oberflächenemittierenden LD-Chips 201a bis 201l auf, die radial auf einem isolierenden Substrat 40 angeordnet sind, wobei ein gegebener Punkt auf dem Substrat 40 als Mittelpunkt der radialen Anordnung definiert ist, so daß die sekundären Diffraktionsgitter 16 der jeweiligen LDs in Richtung dieses Mittelpunktes weisen. Obgleich in Fig. 7 nur eine oberflächenemittierende LD 201a gezeigt ist, haben die verbleibenden LDs 201b bis 201l den gleichen Aufbau. Die sekundären Diffraktionsgitter 16 werden alle mit gleicher Tei-

lung hergestellt.

In den oberflächenemittierenden LD-Feld 200 gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die LD-Chips 201a bis 201l, die individuell hergestellt werden auf dem isolierenden Substrat 40 angeordnet. Jeder der LD-Chips 201a bis 201l oder das isolierende Substrat 40 weist ein Elektrodenkissen zur Leitung der n-Seitenelektroden auf.

Auch mit dem oberflächenemittierenden LD-Feld 200 lassen sich die gleichen Effekte wie unter Bezugnahme auf die erste Ausführungsform beschrieben erzielen. Da weiterhin die jeweiligen LDs 201a bis 201l voneinander beabstandet sind, werden optische und thermische Störungen oder Interferenzen zwischen benachbarten LDs verhindert, wodurch die jeweiligen LDs stabil mit den gewünschten Oszillationswellenlängen und Phasen betrieben werden können.

Fig. 8 ist eine Draufsicht auf ein oberflächenemittierendes LD-Feld gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und Fig. 9 ist eine Schnittdarstellung entlang Linie 9-9 in Fig. 8. Auch in dieser Figur bezeichnen gleiche Bezugszeichen wie in Fig. 1(a) gleiche oder einander entsprechende Teile. Ein oberflächenemittierendes LD-Feld 300 weist ein InP-Substrat 10 des n-Typs mit einer Durchgangsbohrung 10a auf. Eine Mehrzahl von DBR-LDs 301a bis 301l mit einem primären Diffraktionsgitter 31 ist radial auf dem Substrat 10 des n-Typs angeordnet, wobei die primären Diffraktionsgitter 31 der jeweiligen LDs in Richtung der Durchgangsbohrung 10a des Substrates 10 weisen. Gemäß Fig. 9 ist eine optische Faser 32 mit einem um 45° geneigten, konischen Reflektionsspiegel 32a in der Durchgangsbohrung 10a des Substrates 10 so angeordnet, daß das von den jeweiligen LDs 301a bis 301l emittierte Laserlicht auf den Reflektionsspiegel 32a trifft. Der Reflektionsspiegel 32a wird durch mechanische Bearbeitung hergestellt. Ein zusammengesetztes Licht aus den von den jeweiligen LDs 301a bis 301l emittierten Laserlichtanteilen wird in einer Richtung senkrecht zur Oberfläche des Substrates nach oben ausgegeben, wie in Fig. 9 durch die Pfeile dargestellt.

Da in dieser vierten Ausführungsform der Erfindung die optische Faser 32 zum Sammeln der Laserlichtanteile von den jeweiligen primären Diffraktionsgittern in der Durchgangsbohrung 10a des Substrates 10 angeordnet ist, läßt sich ein LD-Feld mit der gleichen Funktion wie das oberflächenemittierende LD-Feld 100 gemäß der ersten Ausführungsform erhalten. Anstelle der optischen Faser 32 kann auch ein optisches Ankopplungselement mit Quarzglas und einer um 45° geneigten konischen Ausnehmung 33a gemäß Fig. 10 verwendet werden. Die konische Ausnehmung 33a wird ebenfalls auf mechanischem Weg hergestellt.

Anstelle der konischen Ausnehmung 33a kann das optische Kopplungselement 33 einen Bereich aufweisen, wo der Brechungsindex sich konisch ändert. Wenn eine Er-dotierte optische Faser oder ein optisches Ankopplungselement verwendet wird, kann das oberflächenemittierende LD-Feld gemäß dieser Ausführungsform als Faserverstärker arbeiten.

Auch bei diesem oberflächenemittierenden LD-Feld können, wenn die LDs 301a bis 301l so angeordnet sind, daß die Vorsprünge der primären Diffraktionsgitter benachbarter LDs nicht konzyklisch zu der Durchgangsbohrung 10a des Substrates 10 sind, die jeweiligen LDs 301a bis 301l stabil mit bestimmten Oszillationswellenlängen und Phasen betrieben werden.

Fig. 11 ist eine Draufsicht auf ein oberflächenemittie-

rendes LD-Feld gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Auch in dieser Figur bezeichnen gleiche Bezugszeichen wie in Fig. 1(a) gleiche oder einander entsprechende Teile. Ein oberflächenemittierendes LD-Feld 400 gemäß der fünften Ausführungsform ist im wesentlichen identisch zu demjenigen gemäß der ersten Ausführungsform mit der Ausnahme, daß eine Mehrzahl von Trennerben 41 zur Wärmeabstrahlung in der Fe-dotierten Schicht 17 zwischen benachbarten LDs ausgebildet ist. Genauer gesagt, drei Kerben, d. h. eine mittige Kerbe, die so lang ist wie die Gesamtlänge der LD und zwei Kerben, die so lang sind wie der Laseroszillationsbereich der LD und welche links und rechts von der mittigen Kerbe liegen sind zwischen zwei benachbarten LDs ausgebildet. Die Kerben 41 reichen bis in den Bereich des Substrates 10 des n-Typs oder in den Nahbereich hiervon.

Da in dem LD-Feld 400 der fünften Ausführungsform die Trennerben 41 zur Wärmeabstrahlung in der InP-Schicht 17 zwischen benachbarten LDs ausgebildet sind, wird der Oberflächenbereich zwischen benachbarten LDs erhöht. Von daher wird die Wärmeabstrahlung in den Raum oberhalb des Elementes verbessert, so daß die jeweiligen LDs mit keiner thermischen Belastung und mit keiner wechselseitigen thermischen Beeinflussung zwischen benachbarten LDs betrieben werden können. Im Ergebnis wird Laserlicht mit einer bestimmten Wellenlänge und Phase mit hoher Zuverlässigkeit ausgegeben.

Fig. 12(a) ist eine perspektivische Darstellung eines Photodetektors gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und Fig. 12(b) ist eine Schnittdarstellung entlang Linie 12b-12b in Fig. 12(a). In der Figur bezeichnen gleiche Bezugszeichen wie in Fig. 1(b) gleiche oder einander entsprechende Teile. Ein Photodetektor 120 umfaßt ein InP-Substrat 10 des n-Typs. Eine InP-Pufferschicht 42 des n-Typs mit einer Dicke von 1000 Å ist auf dem Substrat 10 ausgebildet. Eine optische Wellenleiterschicht 43 ist auf der Pufferschicht 42 ausgebildet. Die optische Wellenleiterschicht 43 hat eine MQW-Struktur (MQW = Multiquantum Well), bei der abwechselnd fünf bis zehn 100 Å dicke InGaAsP-Barrièreschichten und fünf bis zehn 70 Å dicke InGaAsP-Wannenschichten angeordnet sind. Eine InP-Pufferschicht 44 des p-Typs mit einer Dicke von 1000 Å ist auf der optischen Wellenleiterschicht 43 angeordnet. Die Schichten 42, 43 und 44 sind auf dem Substrat 10 in Form eines streifenförmigen Mesas aufgebaut. Ein Teil der InP-Pufferschicht 44 des p-Typs in dem lichtempfindlichen Bereich des Photodetektors ist so gemustert, daß ein sekundäres Diffraktionsgitter 16 gebildet ist. Eine Fe-dotierte InP-Schicht 17 ist auf der Pufferschicht 42 angeordnet und kontaktiert die einander gegenüberliegenden Seiten der Mesastruktur mit Ausnahme der Pufferschicht des p-Typs. Eine InGaAsP-Kontaktschicht 18 des p-Typs ist auf einem Teil der Pufferschicht 44 in dem lichtempfangenden Bereich des Photodetektors angeordnet. Ein isolierender Film 19 ist auf den gegenüberliegenden Seitenoberflächen der InGaAsP-Kontaktschicht 18 des p-Typs und auf der oberen Oberfläche der Fe-dotierten InP-Schicht 17 in dem lichtempfangenden Bereich angeordnet. Eine Seitenelektrode 20 des p-Typs mit Cr/Au ist auf der oberen Oberfläche der Kontaktschicht 18 des p-Typs angeordnet, sowie auf dem isolierenden Film 19. Die Energiebandlücke der optischen Wellenleiterschicht 43 in dem lichtempfangenden Bereich unterhalb des sekundären Diffraktionsgitters 16 ist breiter als die Wellenlänge des

von dem lichterkennenden Bereich zu erkennenden Lichtes und die Energiebandlücke der optischen Wellenleiterschicht 43 unterhalb der Elektrode 20 ist enger als die Wellenlänge des zu erkennenden Lichtes.

Zur Herstellung der optischen Wellenleiterschicht 43 wird ein Teil der Pufferschicht 42, welche der lichterkennende Bereich werden soll, d. h. der unter der Seiten-elektrode 20 des p-Typs zu liegen kommt mit SiO₂ oder SiN-Filmen eingeschlossen und die NW-Schicht 43 wird epitaxial auf der Pufferschicht 42 aufgewachsen, wodurch die Dicke der Wannenschichten der MQW-Struktur in dem lichterkennenden Bereich erhöht wird. Die oben erwähnte Differenz in den Energiebandlücken wird auf diese Weise hergestellt.

Nachfolgend wird die Arbeitsweise dieser Ausführungsform beschrieben.

Wenn beispielsweise ein 1,55 μm-Band Mehrfachwellenlängen-Kommunikationslaserlicht mit einer Mehrzahl von Signallichtanteilen unterschiedlicher Wellenlängen (Intervall zwischen den Wellenlängen zwischen einigen Å bis einigen 0, . . . Å) in den lichtempfindlichen Bereich des Photodetektors 120 in einer Richtung senkrecht zur Oberfläche des Substrates 10 eingegeben wird, wird nur Licht einer einzigen Wellenlänge, das von dem sekundären Diffraktionsgitter 16 ausgewählt wird (Teilung des Gitters 16 ungefähr 4400 Å) in Längsrichtung des Diffraktionsgitters 16 umgesetzt, d. h. in die horizontale Richtung bezüglich der Oberfläche des Substrates 10 und dieser Lichtanteil wird durch die optische Wellenleiterschicht 43 in den lichterkennenden Bereich übertragen. Die optische Wellenleiterschicht 43 hat in dem lichterkennenden Bereich eine Energiebandlücke enger als die Wellenlänge des zu erkennenden Lichtes, so daß das Licht von der optischen Wellenleiterschicht 43 absorbiert und in einen photoelektrischen Strom umgewandelt wird. Andererseits werden Lichtanteile, die nicht der ausgewählten einzigen Wellenlänge entsprechen, von dem sekundären Diffraktionsgitter 16 reflektiert oder hierdurch übertragen oder in Richtungen abgelenkt welche nicht der oben erwähnten horizontalen Richtung entsprechen. Auf jeden Fall werden diese Lichtanteile nicht dem lichterkennenden Bereich übertragen.

In den Photodetektor 20 gemäß der sechsten Ausführungsform der Erfindung wird Licht einer bestimmten Wellenlänge aus einem Mehrfachwellenlängen-Signallicht ohne nachteilige Beeinflussung von Lichtanteilen anderer Wellenlängen erkannt, wodurch eine Signalerkennung mit einem hohem Signal/Rausch-Abstandsverhältnis erhalten wird.

In dem Aufbau gemäß den Fig. 12(a) und 12(b) kann ein Antireflektionsfilm, der die Reflektivität an der erkannten Wellenlänge zu Null macht, auf der Oberfläche des sekundären Diffraktionsgitters 16 angeordnet werden. In diesem Fall wird der erkannte photoelektrische Strom erhöht, wodurch der Signal/Rausch-Abstand weiter verbessert werden kann.

Das Licht einer einzigen Wellenlänge, das durch das sekundäre Diffraktionsgitter 16 horizontal umgelenkt wird und durch die optische Wellenleiterschicht 43 läuft, wird in beiden Richtungen, nämlich in Richtung des lichterkennenden Bereiches und in Richtung der Endstirnfläche des Elementes geführt. Wenn daher die Endfläche der Vorrichtung vertikal geformt ist und ein Antireflektionsfilm, der die Reflektivität bei der erkannten Wellenlänge zu 100% macht, an der Endfläche angeordnet ist, wird das Licht einer einzigen Wellenlänge, das zu dem lichterkennenden Bereich geführt wird, weiter er-

höht, wodurch der Signal/Rausch-Abstand noch weiter verbessert werden kann.

Fig. 13 ist eine Draufsicht auf ein Photodetektorfeld gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In Fig. 13 bezeichnen gleiche Bezugszeichen wie in den Fig. 12(a) und 12(b) gleiche oder einander entsprechende Teile. Das Photodetektorfeld 130 weist ein InP-Substrat 10 des n-Typs auf. Eine Mehrzahl von Photodetektoren 120a bis 120l mit jeweils dem Aufbau gemäß den Fig. 12(a) und 12(b) sind radial auf dem Substrat 10 angeordnet, wobei ein bestimmter Punkt des Substrates 10 der Mittelpunkt der radialen Anordnung ist, so daß die sekundären Diffraktionsgitter 16 der jeweiligen Photodetektoren in Richtung des Mittelpunktes weisen. Die sekundären Diffraktionsgitter 16 der jeweiligen Photodetektoren 120a bis 120l haben unterschiedliche Teilungen.

Wenn dieses Photodetektorfeld 131 als Empfänger für eine optische Mehrfachwellenlängen-Kommunikation unter Verwendung einer optischen Faser eingesetzt wird, wird Signallicht jeder Wellenlänge aus dem Mehrfachwellenlicht ohne Verwendung von irgendwelchen Vorrichtungen zum Aufteilen der Signallichtanteile der entsprechenden Wellenlängen aus der optischen Faser heraus erkannt. Zusätzlich wird, da die Größe des Photodetektorfeldes 130 verringert ist, die Herstellung des Photodetektor-Feldes preiswerter. Da weiterhin die optischen Wellenleiterschichten zweier benachbarter Photodetektoren nicht parallel zueinander verlaufen, wird ein Überlappen von Wellenoberflächen von Signallichtanteilen, die durch benachbarte Wellenleiterschichten laufen, vernachlässigbar, so daß gegenseitige Beeinflusssungen aufgrund von Austreten von optischen Signalen zwischen benachbarten optischen Wellenleiterschichten minimal ist. Im Ergebnis wird der Signal/Rausch-Abstand eines erkannten Signales erhöht, wodurch hochreine Signale möglich sind.

Wenn weiterhin die Photodetektoren 120a bis 120l so angeordnet sind, daß die Vorsprünge der sekundären Diffraktionsgitter benachbarter Photodetektoren nicht konzyklisch mit dem bestimmten Punkt auf dem Substrat, also dem Mittelpunkt sind, werden die Phasen von Lichtaustritsanteilen aus den optischen Wellenleiterschichten der jeweiligen Photodetektoren verschoben und heben sich gegenseitig auf, wodurch eine gegenseitige Beeinflussung verhindert wird.

Wenn weiterhin die Teilungen der zweiten Diffraktionsgitter wenigstens zwei der Photodetektoren 120a bis 120l gleich sind, kann ein Licht einer einzigen Wellenlänge durch eine Mehrzahl von Photodetektoren mit der gleichen Teilung der Diffraktionsgitter erkannt werden, wodurch das Signal/Rausch-Abstandsverhältnis des optischen Signales mit einer bestimmten Wellenlänge, die zu erkennen ist, weiter erhöht werden kann. Gewöhnlich wird bei Licht, dessen Schwingungsrichtung um 90° gedreht wird, d. h. in die horizontale Richtung gedreht wird, die Intensität des Lichtes im Vergleich zu senkrecht schwingend sich ausbreitendem Licht reduziert, obwohl die Monochromatizität der Wellenlänge des Lichtes erhöht wird. Die oben beschriebenen Mittel beseitigen jedoch diese Intensitätsverringerung.

Fig. 14 ist eine schematische Darstellung eines optischen Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystems gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche ein oberflächenemittierendes LD-Feld gemäß der zweiten Ausführungsform als Übertrager und ein Photodetektorfeld gemäß der siebten Ausführungsform als Empfänger verwendet. In dem opti-

schen Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystem 140 gemäß Fig. 14 ist ein oberflächenemittierendes LD-Feld 140a das Mehrfachwellenlängen-Laserlicht ausgibt und das unter Bezug auf die zweite Ausführungsform beschrieben wurde, mit einem Ende einer optischen Faser 47 unter Verwendung einer gewöhnlichen optischen Kopplungsvorrichtung 46 verbunden, und ein Photodetektorfeld 130 mit einer Mehrzahl von Photodetektoren, von denen jeder Licht in einer bestimmten Wellenlänge erkennt (siebte Ausführungsform) ist mit dem anderen Ende der optischen Faser 47 unter Verwendung einer weiteren optischen Kopplungsvorrichtung verbunden.

Als optische Kopplungsvorrichtung 46 kann beispielsweise eine konfokale Kopplungsvorrichtung mit zusammengesetzten Linsen verwendet werden, bei der zwei Linsen mit relativ langen Brennweiten, beispielsweise eine spärische Linse und eine GRIN-Linse (GRIN = Graded Index) in konfokalen Positionen angeordnet sind. Diese Anordnung wird für gewöhnlich als optische Kopplungsvorrichtung zwischen einer LD und einer optischen Faser verwendet.

In dem optischen Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystem gemäß Fig. 14 werden Laserlichtanteile unterschiedlicher Wellenlänge gleichzeitig von dem oberflächenemittierenden LD-Feld 140a in die optische Faser 47 ohne Verwendung von Laserlicht-Zusammenführreinrichtungen eingegeben und das Photodetektor-Feld 130 erkennt Laserlicht jeder Wellenlänge aus dem durch die optische Faser 47 übertragenen Mehrfachwellenlängen-Laserlicht ohne die Verwendung von irgendwelchen Lichtaufteilvorrichtungen. Der Aufbau dieses Systems ist daher im Vergleich zu herkömmlichen Kommunikationssystemen dieser Art vereinfacht, und die Kosten sind verringert.

In der obigen Beschreibung der ersten, zweiten, dritten, fünften und achten Ausführungsformen ist als oberflächenemittierende LD eine DBR-LD verwendet worden; genausogut und mit den gleichen Effekten und Vorteilen kann eine DFB-LD verwendet werden.

Patentansprüche

1. Oberflächenemittierendes Laserdioden-Feld mit: einem Substrat (10) mit einem vorgeschriebenen Mittelpunkt; und einer Mehrzahl von oberflächenemittierenden Laserdiode (101a bis 101l), die jeweils sekundäre Diffractionsräder (16) aufweisen, die mit gleicher Teilung hergestellt sind und die radial auf dem Substrat so angeordnet sind, daß die sekundären Diffractionsräder (16) in Richtung des Mittelpunktes des Substrates weisen (Fig. 1(a) und 1(b)).
2. Laserdioden-Feld nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die oberflächenemittierenden Laserdiode (101a bis 101l) so angeordnet sind, daß Vorsprünge der sekundären Diffractionsräder (16) einander benachbarter Laserdiode nicht konzentrisch mit dem vorgeschriebenen Mittelpunkt auf dem Substrat als Mitte sind.
3. Laserdioden-Feld nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat ein Halbleitersubstrat ist und daß die oberflächenemittierenden Laserdiode gleichzeitig auf dem Halbleitersubstrat ausgebildet werden.
4. Laserdioden-Feld nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von Kerben (41) zur Wärmeabstrahlung zwischen einander benachbarten oberflächenemittierenden Laserdiode angeordnet sind.

barten oberflächenemittierenden Laserdiode den angeordnet ist (Fig. 11).

5. Laserdioden-Feld nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat ein isolierendes Substrat ist und daß die oberflächenemittierenden Laserdiode individuell hergestellt und auf dem isolierenden Substrat angeordnet werden (Fig. 6).

6. Laserdioden-Feld nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die oberflächenemittierenden Laserdiode mit dem gleichen Treiberstrom betrieben werden und Laserlichtanteile mit gleicher Wellenlänge und gleicher Phase ausgeben.

7. Laserdioden-Feld nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die oberflächenemittierenden Laserdiode mit unterschiedlichen Treiberströmen betrieben werden und Laserlichtanteile mit gleicher Wellenlänge und unterschiedlichen Phasen ausgeben.

8. Verfahren zum Betreiben eines oberflächenemittierenden Laserdioden-Feldes, insbesondere eines Dioden-Feldes nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die den jeweiligen oberflächenemittierenden Laserdiode zugeführten Treiberströme gesteuert werden, um die Ausgangsrichtung eines zusammengesetzten Laserlichtes in eine beliebige Richtung zu ändern, wobei das zusammengesetzte Laserlicht Laserlichtanteile beinhaltet, die von den jeweiligen Laserdiode ausgegeben werden.

9. Oberflächenemittierendes Laserdioden-Feld mit: einem Substrat mit einem vorgeschriebenen Mittelpunkt; und einer Mehrzahl von oberflächenemittierenden Laserdiode, die jeweils sekundäre Diffractionsräder (16, 16a bis 16c) aufweisen, welche unterschiedliche Teilungen haben, mit unterschiedlichen Oszillationswellenlängen oszillieren und radial auf dem Substrat so angeordnet sind, daß die sekundären Diffractionsräder in Richtung des Mittelpunktes des Substrates weisen (Fig. 5).

10. Laserdioden-Feld nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat ein Halbleitersubstrat ist und daß die oberflächenemittierenden Laserdiode gleichzeitig auf dem Halbleitersubstrat ausgebildet werden.

11. Laserdioden-Feld nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von Kerben (41) zur Wärmeabstrahlung zwischen einander benachbarten oberflächenemittierenden Laserdiode angeordnet ist.

12. Laserdioden-Feld nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat ein isolierendes Substrat ist und daß die oberflächenemittierenden Laserdiode individuell hergestellt und auf dem isolierenden Substrat angeordnet werden.

13. Oberflächenemittierendes Laserdioden-Feld mit:

einem Substrat (10) mit einer Hauptoberfläche und einer Durchgangsbohrung (10a), die senkrecht zu der Hauptoberfläche verläuft;

einer Mehrzahl von Laserdiode (301a bis 301l), die jeweils eine Kristallfläche aufweisen, von der Laserlicht in einer Richtung senkrecht zur Hauptoberfläche des Substrates emittiert wird und die radial auf der Hauptoberfläche des Substrates so angeordnet sind, daß die laseremittierenden Kristallflächen der jeweiligen Laserdiode in Richtung

der Durchgangsbohrung des Substrates weisen; und Einrichtungen (32) zum Sammeln der Laserlichtanteile von den jeweiligen Laserdioden und zum Ausgeben eines gesammelten Laserlichtes nach oben in einer Richtung senkrecht zur Hauptoberfläche des Substrates (Fig. 8, 9, 10).

14. Laserdioden-Feld nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserdioden distributed feedback-Laserdioden oder distributed Bragg-Relektorlaserdioden mit primären Diffraktionsgittern sind.

15. Laserdioden-Feld nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die primären Diffraktionsgitter der jeweiligen Laserdioden mit der gleichen Teilung hergestellt werden und mit gleichen Oszillationswellenlängen oszillieren.

16. Laserdioden-Feld nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die primären Diffraktionsgitter der jeweiligen Laserdioden mit unterschiedlichen Teilungen hergestellt werden und mit unterschiedlichen Oszillationswellenlängen oszillieren.

17. Laserdioden-Feld nach Anspruch 14 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserdioden so angeordnet sind, daß die Vorsprünge der primären Diffraktionsgitter benachbarter Laserdioden nicht konzyklisch zu der Durchgangsbohrung des Substrates als Mittelpunkt sind.

18. Laserdioden-Feld nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat ein Halbleitersubstrat ist und daß die Laserdioden gleichzeitig auf dem Halbleitersubstrat ausgebildet werden.

19. Laserdioden-Feld nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von Kerben (41) zur Wärmeabstrahlung zwischen einander benachbarten Laserdioden angeordnet ist.

20. Laserdioden-Feld nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat ein isolierendes Substrat ist und daß die Laserdioden individuell hergestellt und auf dem isolierenden Substrat angeordnet werden.

21. Ein Photodetektor zum Empfang eines Mehrfachwellenlängen-Lichtes bestehend aus Signallichtanteilen unterschiedlicher Wellenlängen und zum Erkennen eines Signallichtes einer bestimmten Wellenlänge aus dem Mehrfachwellenlängen-Licht, mit:

einer optischen Wellenleiterschicht (43); einem lichtempfindlichen Teil mit einem sekundären Diffraktionsgitter (16) an der Oberfläche, wobei das sekundäre Diffraktionsgitter das Signallicht der bestimmten Wellenlänge zu der optischen Wellenleiterschicht überträgt; und

einem lichterkennenden Teil, der das Signallicht der bestimmten Wellenlänge, welches durch die optische Wellenleiterschicht läuft, in einen photoelektrischen Strom umwandelt und den photoelektrischen Strom aus gibt (Fig. 12(a) und 12(b)).

22. Ein Photodetektor zum Empfang eines Mehrfachwellenlängen-Lichtes bestehend aus Signallichtanteilen unterschiedlicher Wellenlängen und zum Erkennen eines Signallichtes einer bestimmten Wellenlänge aus dem Mehrfachwellenlängen-Licht, mit:

einem Halbleitersubstrat (10); einer optischen Wellenleiterschicht (43), die auf dem Halbleitersubstrat angeordnet ist und einen

ersten Teil mit einer Energiebandlücke größer als die vorgeschriebene Wellenlänge und einen zweiten Teil mit einer Energiebandlücke kleiner als die vorgeschriebene Wellenlänge aufweist; einem sekundären Diffraktionsgitter (16), das auf dem ersten Teil der optischen Wellenleiterschicht angeordnet ist und nur Signallicht der bestimmten Wellenlänge zu der optischen Wellenleiterschicht überträgt; und

einer Elektrode (20) zum Ausgeben photoelektrischen Stromes, der durch Absorption des Lichtes der bestimmten Wellenlänge in dem zweiten Teil der optischen Wellenleiterschicht erzeugt wurde (Fig. 12(a) und 12(b)).

23. Ein Photodetektorfeld mit einer Mehrzahl von Photodektoren (120a bis 120l), die ein Mehrfachwellenlängen-Licht bestehend aus Signallichtanteilen unterschiedlicher Wellenlängen empfangen und ein Signallicht einer bestimmten Wellenlänge aus dem Mehrfachwellenlängen-Licht erkennen, wobei jeder der Photodektoren aufweist:

ein Halbleitersubstrat (10);

eine optische Wellenleiterschicht (43), die auf dem Halbleitersubstrat angeordnet ist und einen ersten Teil mit einer Energiebandlücke größer als die vorgeschriebene Wellenlänge und einen zweiten Teil mit einer Energiebandlücke kleiner als die vorgeschriebene Wellenlänge aufweist;

ein sekundäres Diffraktionsgitter (16), das auf dem ersten Teil der optischen Wellenleiterschicht angeordnet ist und nur Signallicht der bestimmten Wellenlänge zu der optischen Wellenleiterschicht überträgt; und

eine Elektrode (20) zum Ausgeben photoelektrischen Stromes, der durch Absorption des Lichtes der bestimmten Wellenlänge in dem zweiten Teil der optischen Wellenleiterschicht erzeugt wurde; und

wobei die Photodektoren (120a bis 120l) radial angeordnet sind, wobei die sekundären Diffraktionsgitter in Richtung eines bestimmten Punktes auf dem Halbleitersubstrat weisen.

24. Photodetektor-Feld nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die sekundären Diffraktionsgitter (16) der jeweiligen Photodektoren (120a bis 120l) mit unterschiedlichen Teilungen erzeugt werden.

25. Ein räumliches optisches Verbindungssystem mit einem lichtempfangenden Halbleiterelement, welches elektrische Signale in optische Signale umsetzt und die optischen Signale in den Raum abstrahlt und einem Photodetektor, der die abgestrahlten optischen Signale empfängt und die optischen Signale in elektrische Signale zurückverwandelt, dadurch gekennzeichnet,

daß das lichtemittierende Halbleiterelement eine Mehrzahl von oberflächenemittierenden Laserdioden aufweist, die jeweils sekundäre Diffraktionsgitter haben, die mit gleicher Teilung hergestellt sind und die auf einem Substrat so angeordnet sind, daß die sekundären Diffraktionsgitter auf einen bestimmten Punkt auf dem Substrat zuweisen; und daß die Laserdioden mit unterschiedlichen Treiberströmen betrieben werden und Laserlichtanteile mit gleicher Wellenlänge und unterschiedlichen Phasen ausgeben.

26. Räumliches optisches Verbindungssystem nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die

Treiberströme der jeweiligen Laserdioden so geändert werden, daß die Ausgangsrichtung eines zusammengesetzten Ausgangslichtes bestehend aus Laserlichtanteilen von den jeweiligen Laserdioden in eine beliebige Richtung geändert wird.

5

27. Optisches Mehrfachwellenlängen-Kommunikationssystem mit:

einem oberflächenemittierenden Laserdioden-Feld (140a) mit einer Mehrzahl von oberflächenemittierenden Laserdioden, die sekundäre Diffraktionsgitter haben welche mit unterschiedlichen Teilungen hergestellt sind und die auf einem Substrat radial so angeordnet sind, daß die sekundären Diffraktionsgitter auf einem bestimmten Punkt auf dem Substrat hinweisen, wobei die oberflächenemittierenden Laserdioden mit unterschiedlichen Oszillationswellenlängen arbeiten;

10

einer optischen Faser (47), welche von dem Laserdioden-Feld emittiertes Mehrfachwellenlängen-Licht überträgt; und
einem Photodetektor-Feld (130) mit einer Mehrzahl von Photodetektoren, wobei jeder Photodetektor aufweist:

20

eine optische Wellenleiterschicht; einen lichtempfangenden Teil mit einem sekundären Diffraktionsgitter, das nur Licht einer bestimmten Wellenlänge aus dem Mehrfachwellenlängen-Licht überträgt, das auf den lichtempfangenden Teil fällt; und
einen lichterkennenden Teil, der das Licht bestimmter Wellenlänge, das durch die optische Wellenleiterschicht läuft, in einen photoelektrischen Strom umwandelt und den photoelektrischen Strom ausgibt, wobei die sekundären Diffraktionsgitter der jeweiligen Photodetektoren mit unterschiedlichen Teilungen hergestellt sind, wobei weiterhin die Photodetektoren radial auf dem Substrat so angeordnet sind, daß die sekundären Diffraktionsgitter in Richtung eines bestimmten Punktes auf dem Substrat weisen (Fig. 14).

25

30

35

40

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

Fig.1 (a)

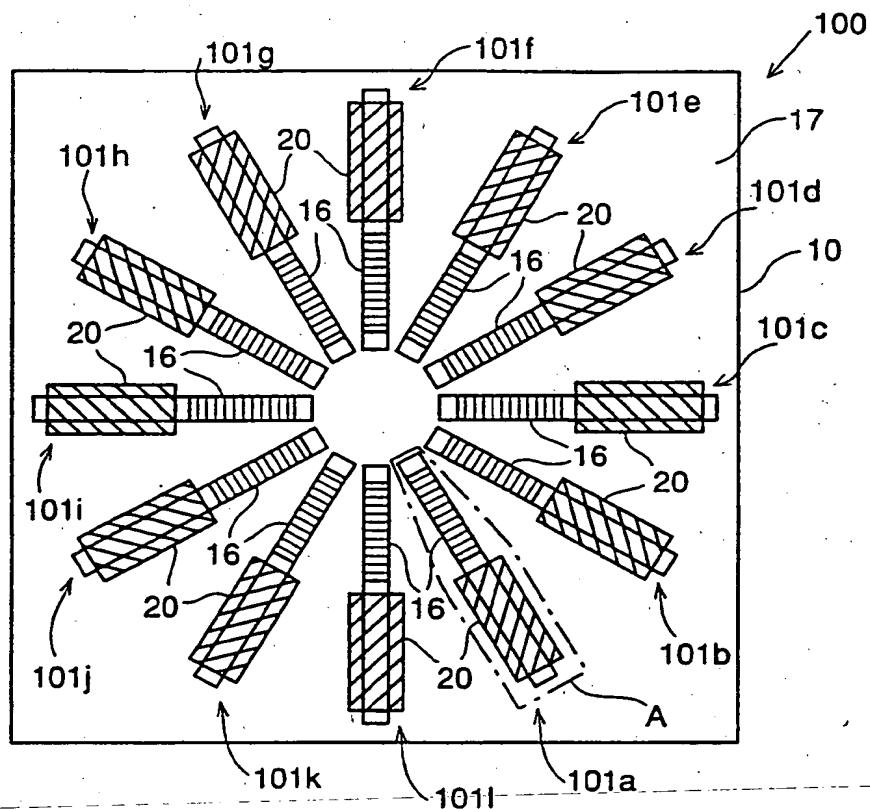


Fig.1 (b)

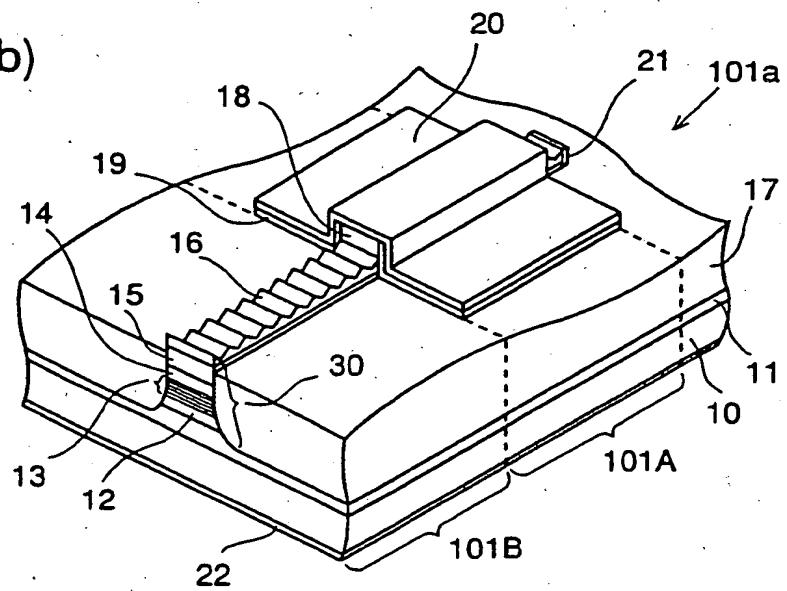


Fig.2

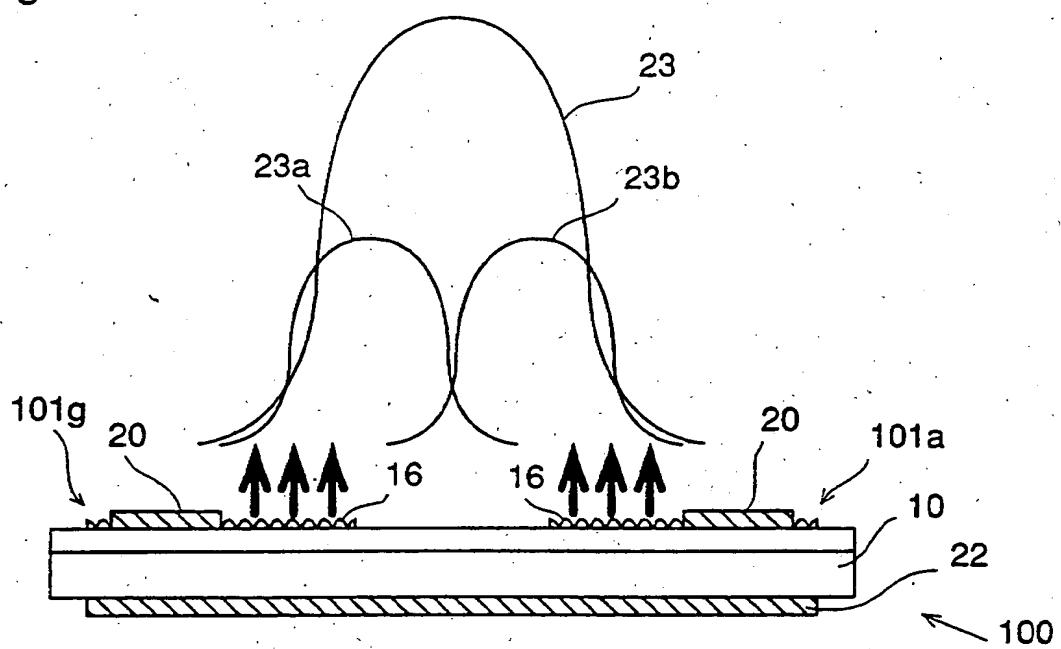


Fig.3

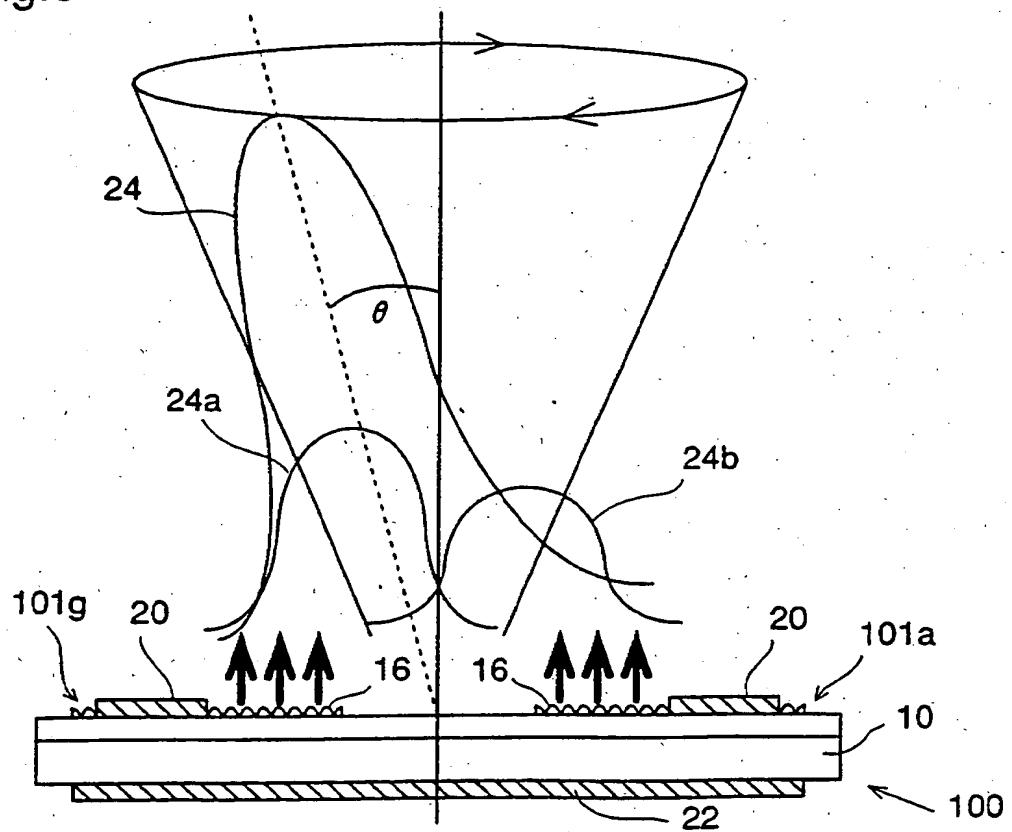


Fig.4

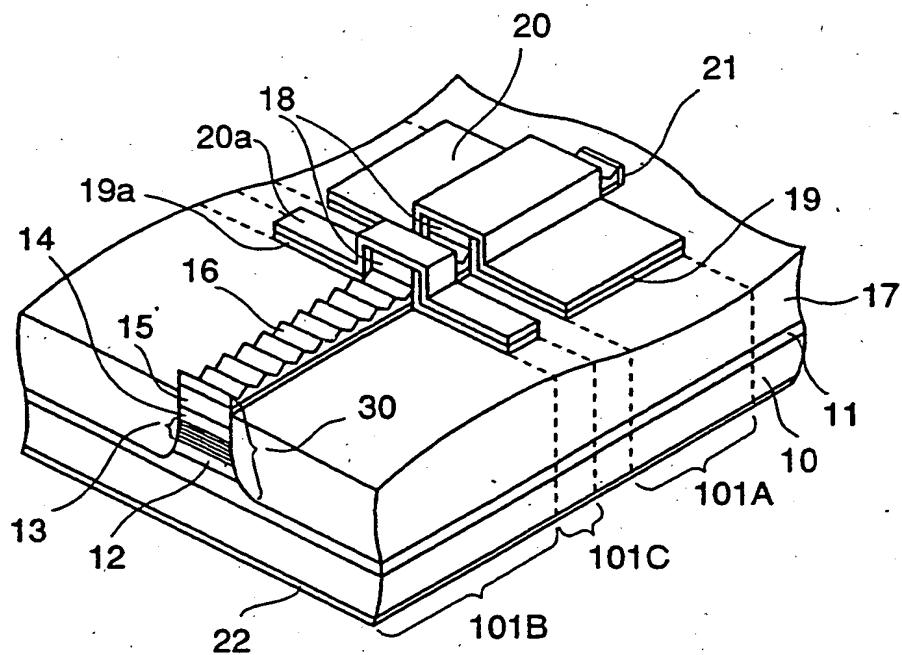


Fig.5

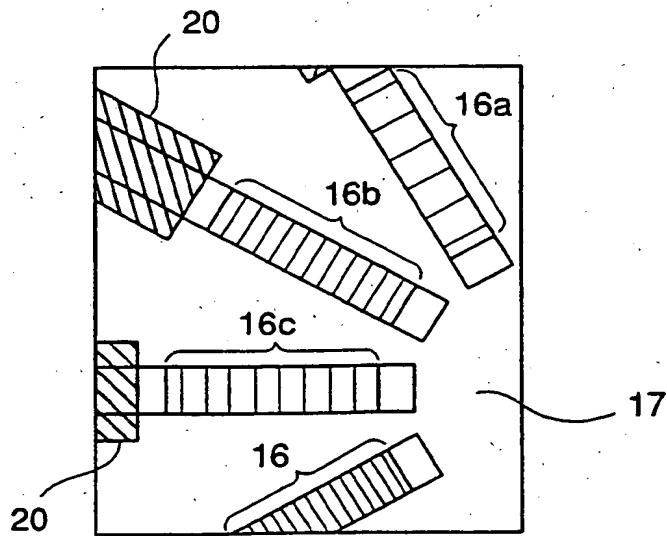


Fig.6

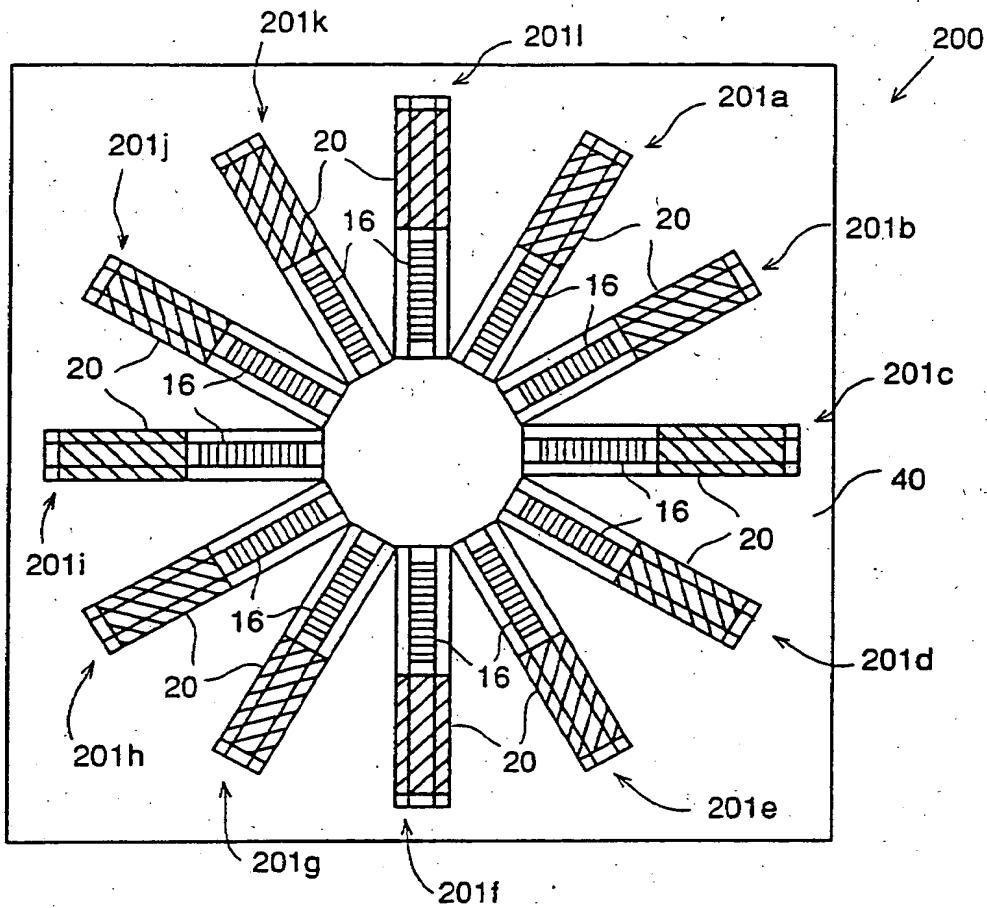


Fig.7

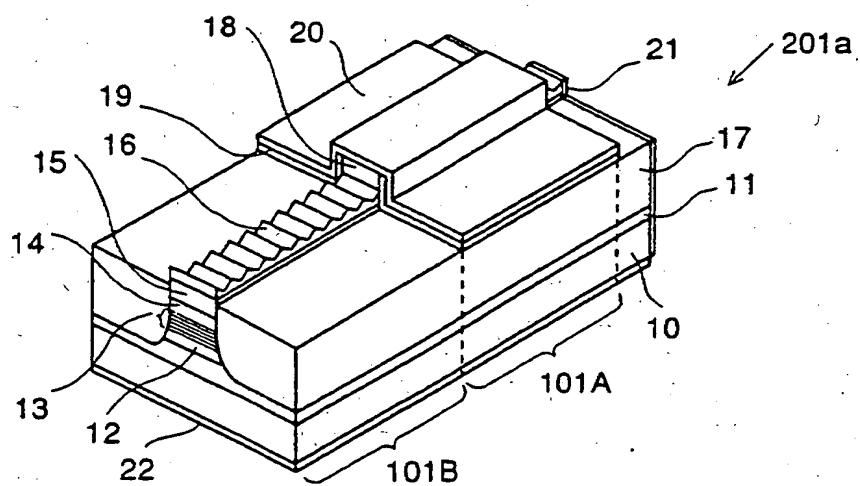


Fig.8

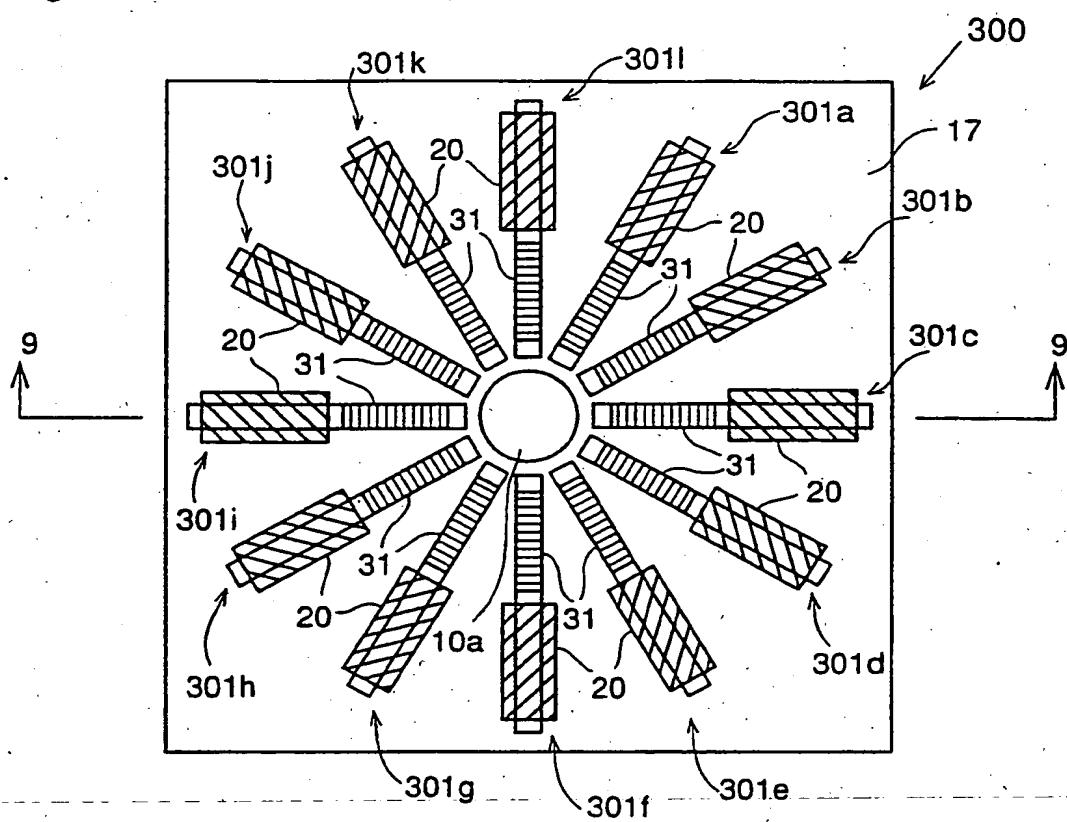


Fig.9

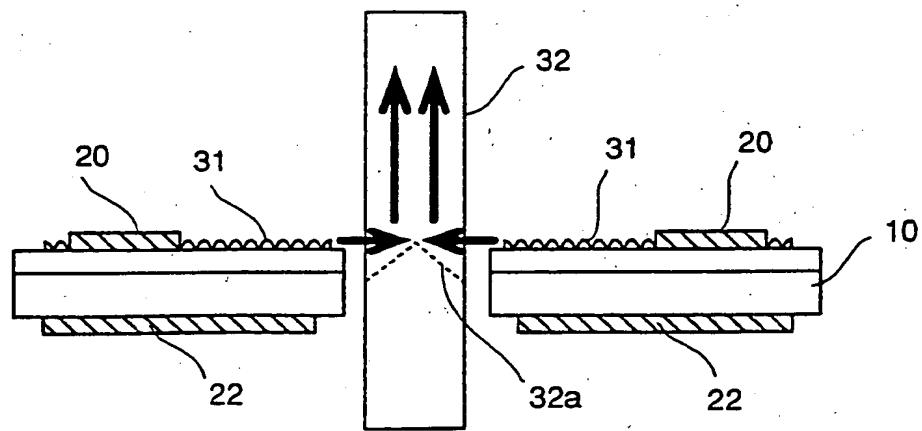


Fig.10

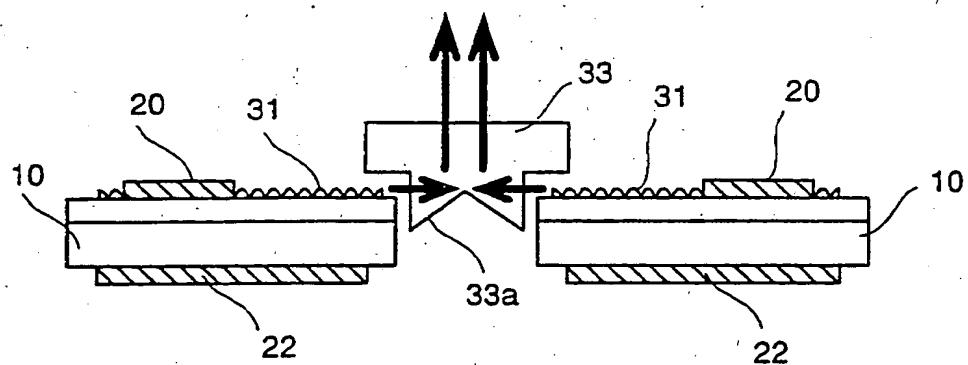


Fig.11

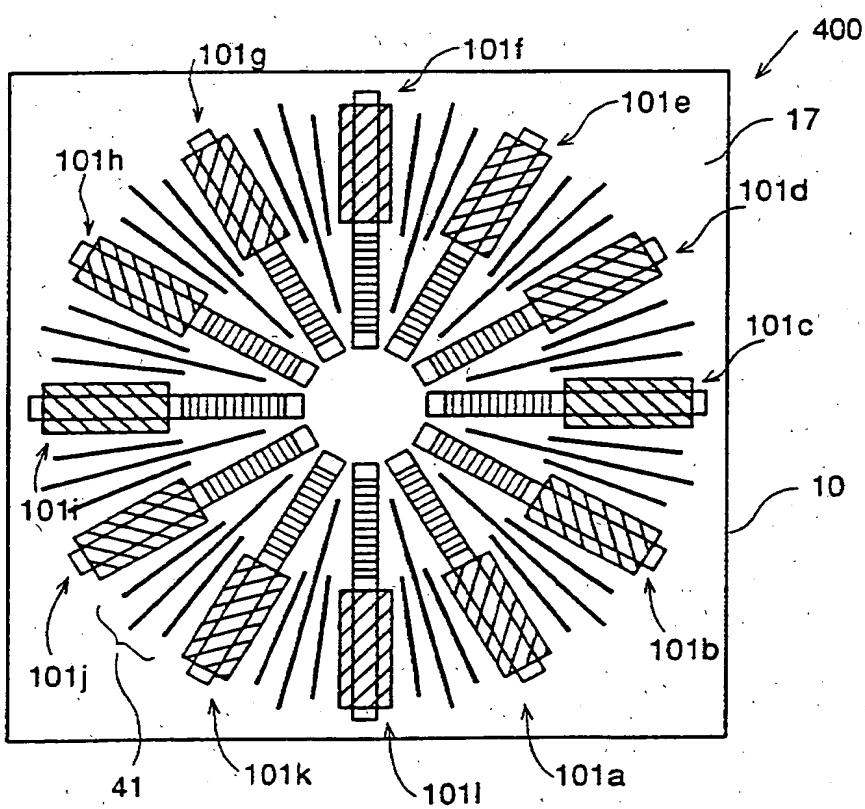
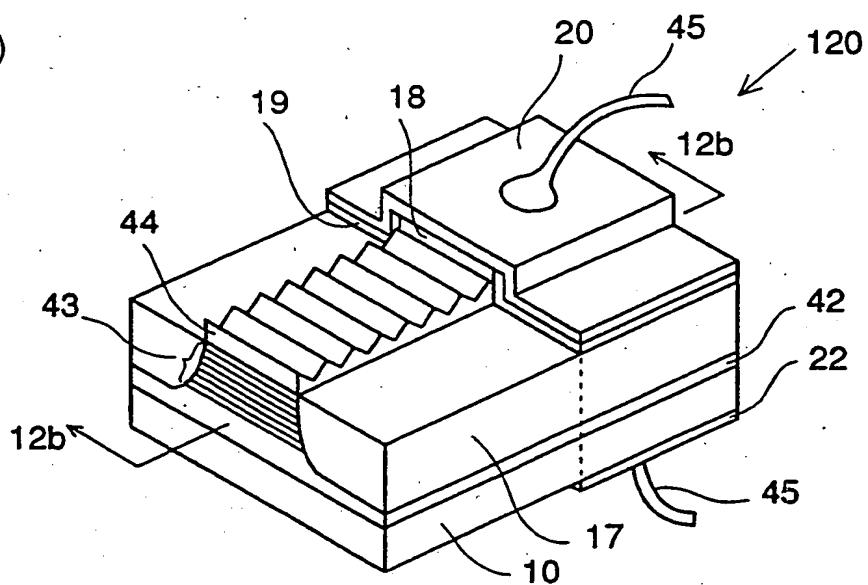


Fig.12

(a)



(b)

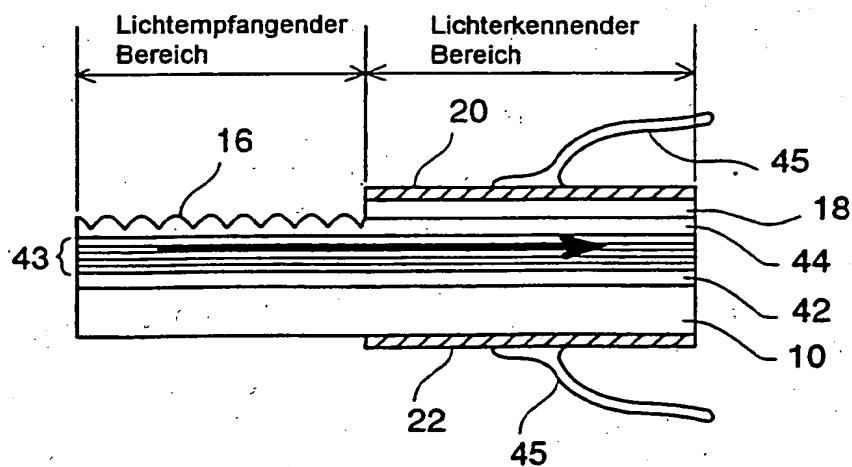


Fig.13

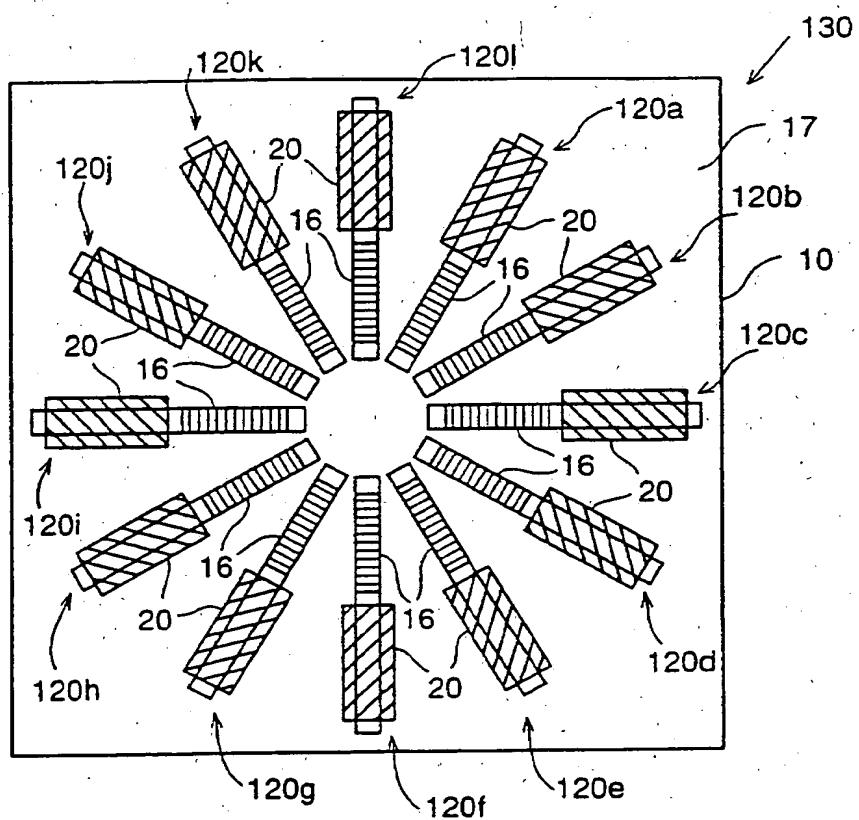


Fig.14

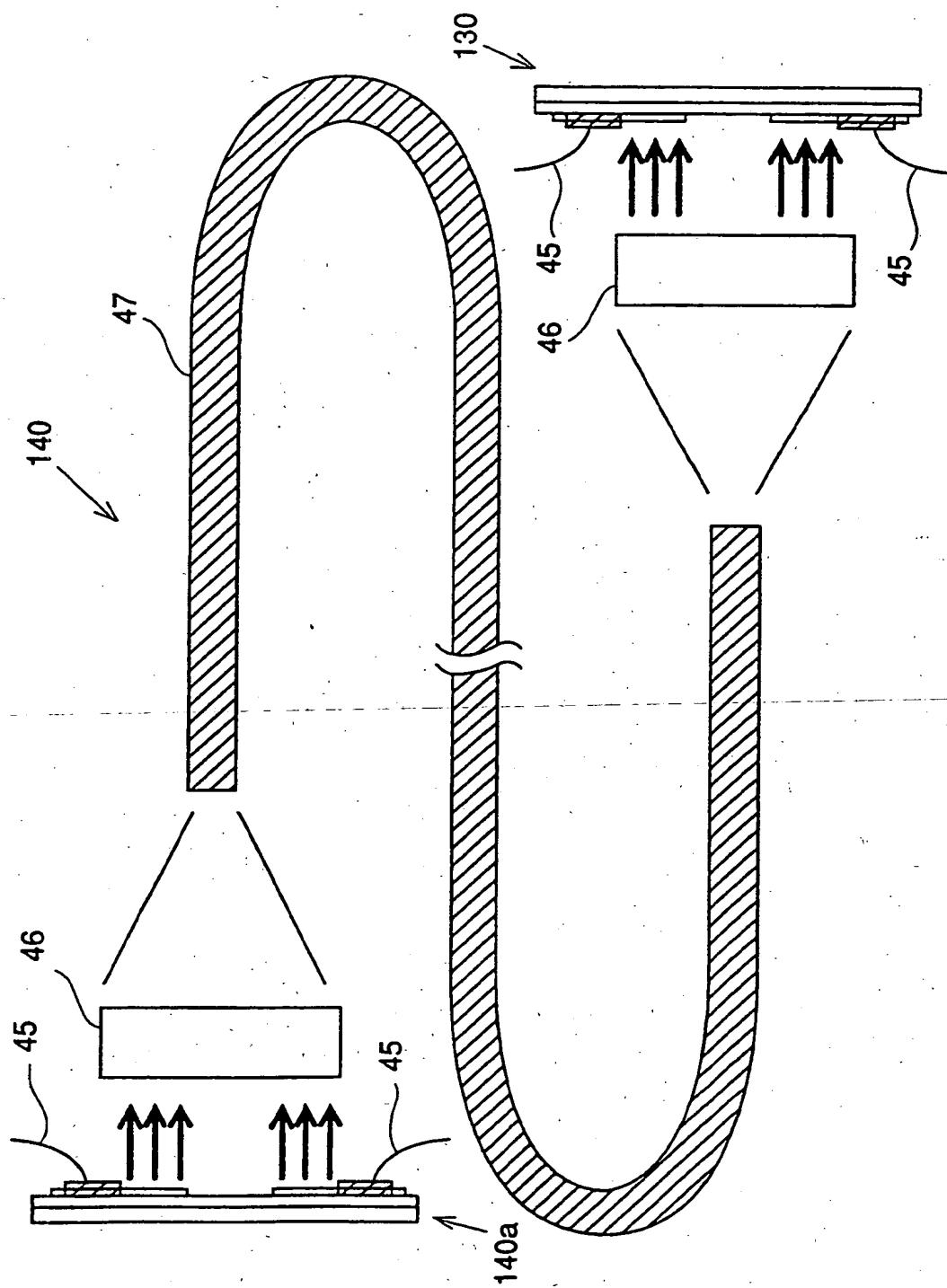


Fig.15 Stand der Technik

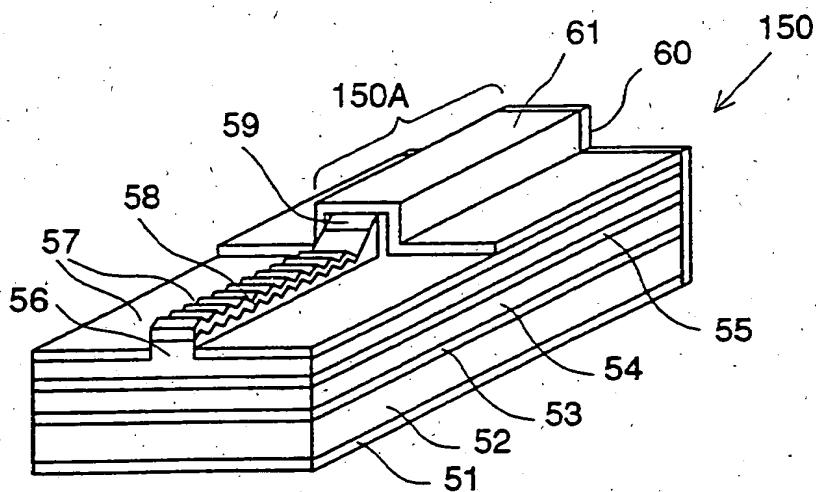


Fig.16 Stand der Technik

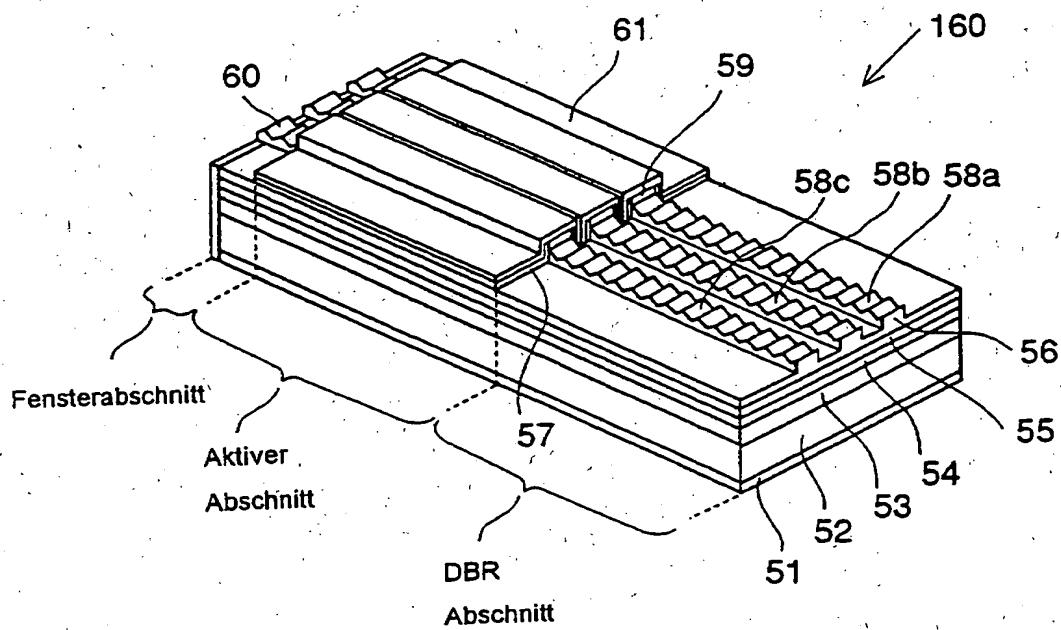


Fig.17 (a) Stand der Technik

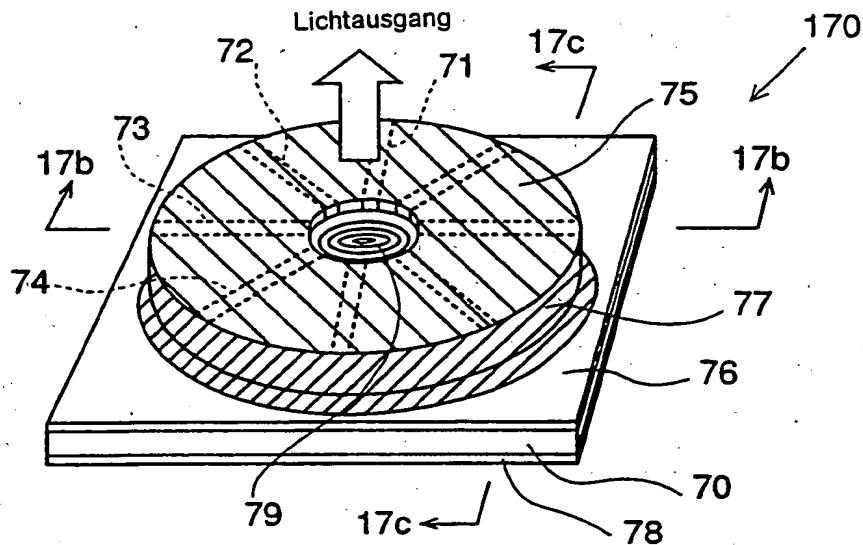


Fig.17 (b) Stand der Technik

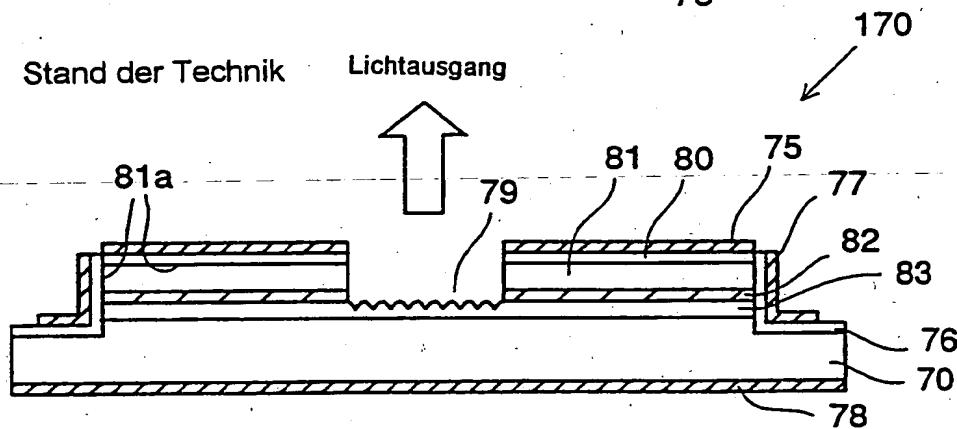


Fig.17 (c) Stand der Technik

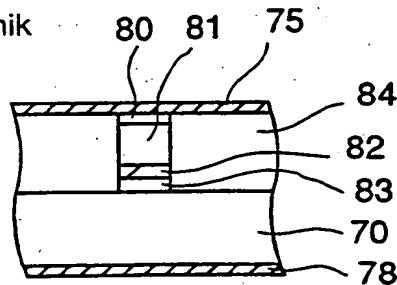


Fig.18 (a) Stand der Technik

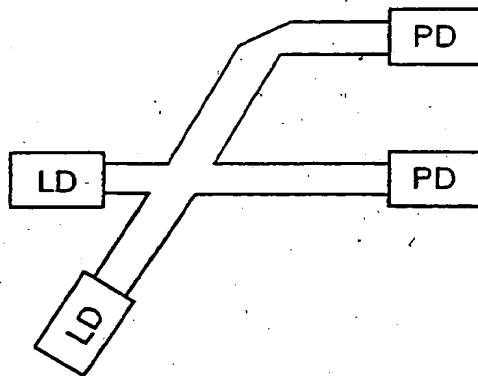


Fig.18 (b) Stand der Technik

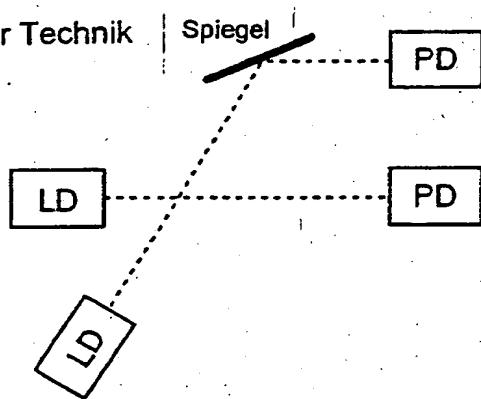


Fig.19 Stand der Technik

